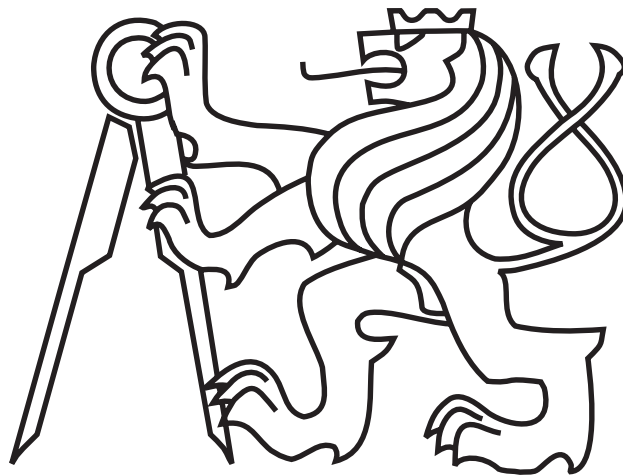


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

## DIPLOMOVÁ PRÁCE



Bc. Petr Kubašta

**Kvazi-definitivní bázování geomagnetických dat**

**Katedra řídicí techniky**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vojtěch Petrucha, Ph.D.

Praha, 2014

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, dne ..... 01.01.2014 .....

..... Kulošba .....

podpis

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

katedra řídicí techniky

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Petr Kubašta**

Studijní program: Otevřená informatika (magisterský)  
Obor: Počítačové inženýrství

Název tématu: **Kvazi-definitivní bázování geomagnetických dat**

Pokyny pro vypracování:

1. Analyzujte a popište procesy produkce geomagnetických dat a seznamte se s požadavky a standardy mezinárodní organizace Intermagnet, která sdružuje geomagnetické observatoře.
2. Na základě předchozí analýzy navrhnete a implementujete softwarové řešení, které umožní produkci geomagnetických dat, obzvláště pak těch kvazi-definitivních.
3. Otestujte, zda řešení splňuje požadavky.

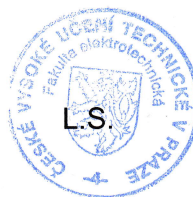
Seznam odborné literatury:

- [1] Peltier, A. and A. Chulliat, On the feasibility of promptly producing quasi-definitive magnetic observatory data, Earth Planets Space, 62(2), e5-e8, doi:10.5047/eps.2010.02.002, 2010.
- [2] Intermagnet - Technical Reference Manual 4.5
- [3] Jankowski, J. and C. Sucksdorff, Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice, International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Warsaw, 1996.

Vedoucí: Ing. Vojtěch Petrucha, Ph.D.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2014/2015

  
prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 16. 9. 2013

## *Abstrakt*

Práce poskytuje obecný úvod do problematiky geomagnetických měření. Je představen globální pohled na procesy, které probíhají na geomagnetických observatořích Intermagnet za účelem produkce geomagnetických dat. Pohled je dále konkretizován vzhledem ke Geomagnetické observatoři Budkov. Pro tuto observatoř je navrženo standardní SW řešení, které značně urychlí dosavadní produkci přístrojových bází. Rychlá produkce přístrojových bází je totiž hlavním předpokladem pro produkci kvazi-definitivních dat. Pro navržené SW řešení je poskytnuta implementace prototypu serverové části. Navržené řešení je podrobena komplexním testům.

## *Abstract*

The thesis provides a general introduction to issues of geomagnetic measurements. The global view of processes, which take place at the Intermagnet geomagnetic observatory is introduced in order to produce geomagnetic data. The view is based on Geomagnetic Observatory Budkov. A standard SW solution was designed for this observatory. This solution allows a faster production of instrument baselines. The fast production of instrument baselines is the main requirement for production of quasi-definitive data. The implementation of prototype server part is provided for designed SW solution. The designed solution has been subjected to complex testing.



*„Tato práce nemohla vzniknout bez doktora Ing. Vojtěcha Petruchy.  
Děkuji.“*

*„Děkuji zaměstnancům Geofyzikálního ústavu Akademie věd České republiky. Velké díky patří především panu doktoru Pavlovi Hejdovi“*

*„Děkuji všem zaměstnancům fakulty, kteří dělají svojí práci poctivě,  
obětavě a vážně.“*

*„Děkuji své rodině, a to především Tatjaně Tláskalové, Kristýně  
Kubaštové a Ing. Petru Kubašтови.“*

*„Největší poděkování patří Ing. Evě Harantové za věcnou diskuzi a  
obecnou podporu.“*

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Základní pojmy</b>	<b>2</b>
2.1	Geomagnetické měření . . . . .	2
2.1.1	Magnetické pole Země a jeho komponenty . . . . .	2
2.1.2	Hlavní typy měření na geomagnetických observatořích . . . . .	4
2.1.3	Používané typy přístrojů . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Analýza a popis procesů</b>	<b>10</b>
3.1	Požadavky na data . . . . .	10
3.2	Globální statický procesní pohled . . . . .	11
3.3	Proces 0 - Měření vektoru variací . . . . .	13
3.4	Proces 1 - Absolutní měření . . . . .	14
3.4.1	Popis metodiky s DI-Flux . . . . .	15
3.5	Proces 2 - Výpočet vektoru bází . . . . .	19
3.5.1	Vztahy pro výpočet bází . . . . .	20
3.5.2	Výpočet agregovaných přístrojových bází . . . . .	23
3.6	Proces 3 - Adopce bází . . . . .	25
3.7	Proces 4 - Bázování variací . . . . .	26
3.8	Závěr z analýzy procesů . . . . .	26
<b>4</b>	<b>Navržené řešení</b>	<b>27</b>
4.1	Definice prostoru problému . . . . .	27
4.1.1	Cíl řešení . . . . .	27
4.1.2	Požadavky . . . . .	27
4.2	Logický model navrženého systému . . . . .	28
4.2.1	Hlavní pracovní sekvence . . . . .	29
4.3	Architektura systému . . . . .	30
<b>5</b>	<b>Popis návrhu</b>	<b>31</b>
5.1	Datové modely . . . . .	31
5.1.1	Datový model protokolu o absolutním měření . . . . .	32
5.1.2	Datový model pro výpočet bází . . . . .	35
5.2	Návrh HTTP API . . . . .	37
5.2.1	Základní zdroje . . . . .	39
5.2.2	Zdroj protocol . . . . .	41
5.2.3	Zdroj reference values . . . . .	44

5.2.4	Zdroj variometer . . . . .	45
5.2.5	Zdroj variations . . . . .	45
5.2.6	Zdroj baselines . . . . .	46
<b>6</b>	<b>Popis implementace serverové části</b>	<b>48</b>
6.1	Použité Java technologie . . . . .	48
6.2	Java SE platforma pro Magnetic service . . . . .	49
6.3	Vybrané implementace . . . . .	51
6.3.1	Logická struktura aplikace . . . . .	51
6.3.2	Implementace vrstvy přístupu k datům . . . . .	52
6.3.3	Implementace výpočtu bází . . . . .	54
6.3.4	Rozšiřování systému o nové variometry . . . . .	55
<b>7</b>	<b>Komplexní testy navrženého řešení</b>	<b>58</b>
7.1	Zajištění magnetické čistoty na místě měření . . . . .	58
7.1.1	Posuzování míry magnetické kontaminace . . . . .	58
7.1.2	Cíl experimentu . . . . .	59
7.1.3	Popis experimentu . . . . .	60
7.1.4	Výsledky . . . . .	63
7.1.5	Závěr experimentu . . . . .	65
7.2	Preciznost agregovaných bází . . . . .	65
7.3	Srovnávací testy klíčových metrik procesů . . . . .	69
7.3.1	Komparace pro proces 1 - Absolutní měření . . . . .	69
7.3.2	Komparace pro proces 2 - Výpočet bází . . . . .	70
7.4	Testování funkčnosti implementace . . . . .	71
<b>8</b>	<b>Závěr</b>	<b>74</b>
<b>A</b>	<b>Logické datové typy</b>	<b>78</b>
A.1	Datový model protokolu o absolutním měření . . . . .	78
A.2	Datový model pro výpočet bází . . . . .	82
<b>B</b>	<b>Popis reprezentací některých zdrojů</b>	<b>83</b>
B.1	XSD schéma xml reprezentace zdroje protocol . . . . .	83
<b>C</b>	<b>Fotogalerie</b>	<b>86</b>
<b>D</b>	<b>Obsah CD</b>	<b>90</b>

# Seznam tabulek

3.1	Veřejně produkována data pro Intermagnet. . . . .	10
5.1	Seznam relací, které nenesou přímou informaci o realizaci měření. . .	32
5.2	Seznam relací, které nesou přímou informaci o realizaci měření. . . .	34
5.3	Seznam relací pro podporu výpočtu bází. . . . .	37
5.4	Příklad možné transformace relativní adresy po nasazení. . . . .	38
5.5	Příklad adresy s pevným a proměnným segmentem. . . . .	38
5.6	Ukázka TXT reprezentace zdroje variations. . . . .	46
5.7	Ukázka TXT reprezentace zdroje baselines. . . . .	47
7.1	Variabilita bází, systém GDAS, složka H a Z, rozsah souboru n=18. .	68
7.2	Variabilita bází, systém GDAS, složka D, rozsah souboru n=18. . . .	68
7.3	Bilance kvalitativního zlepšení procesu 1 - Absolutní měření. . . . .	69
7.4	Bilance ušetřených pracovních nákladů pro proces 2 - Výpočet bází. .	70
7.5	Bilance kvalitativního zlepšení pro proces 2 - Výpočet bází. . . . .	71
D.1	Obsah příloženého CD. . . . .	90

# Seznam obrázků

2.1	Rozklad vektoru geomagnetického pole $\vec{F}$ . . . . .	3
2.2	Porovnání orientací os citlivosti tříosých fluxgate senzorů. . . . .	7
3.1	Globální pohled na procesy v notaci IDEF0. . . . .	11
3.2	Symbolicky naznačená sémantika notace IDEF0. . . . .	12
3.3	Proces 0 - Měření vektoru variací. . . . .	13
3.4	Proces 1 - Absolutní měření. . . . .	14
3.5	Průběh absolutního měření. . . . .	15
3.6	Proces 2 - Výpočet vektoru bází. . . . .	19
3.7	Schéma výpočtu agregované báze. . . . .	23
3.8	Proces 3 - Adopce bází. . . . .	25
3.9	Proces 4 - Bázování variací. . . . .	26
4.1	Navržený systém - Logický Data Flow Diagram. . . . .	28
4.2	Globální pohled na navržené řešení. . . . .	30
5.1	Datový model protokolu o absolutním měření. . . . .	33
5.2	Datový model infrastruktury pro výpočet bází. . . . .	36
5.3	Schématická struktura XML reprezentace zdroje protocol. . . . .	43
5.4	Schématická struktura XML reprezentace zdroje reference values. . . . .	44
5.5	Schématická struktura XML reprezentace zdroje variometer. . . . .	45
6.1	Logická organizace vrstev aplikace. . . . .	51
6.2	Schéma abstraktního přístupu k datovým zdrojům - správa protokolů. . . . .	52
6.3	Schéma abstraktního přístupu k datovým zdrojům - výpočet bází. . . . .	53
6.4	Průběh synchronizace mezipaměti variací. . . . .	54
6.5	Class diagram pro výpočet bází. . . . .	55
7.1	Testovaná zařízení. . . . .	60
7.2	Zapojení pro měření v Hemholtzových cívkách. . . . .	61
7.3	Měření vzorku v Helmholtzových cívkách. . . . .	61
7.4	Měření magnetické indukce na vzdálenosti $r$ . . . . .	62
7.5	Měření magnetické indukce na vzdálenosti $r$ . . . . .	62
7.6	Vývoj velikosti magnetické indukce ve směru osy dipólu - celek. . . . .	64
7.7	Vývoj velikosti magnetické indukce ve směru osy dipólu - detail. . . . .	64
7.8	Systém GDAS, složka H, velikost souboru n=6. . . . .	67
7.9	Systém GDAS, složka D, velikost souboru n=6. . . . .	67
7.10	Systém GDAS, složka Z, velikost souboru n=6. . . . .	68

7.11	Výsledek dotazu na základní (neagregované) báze variometru GDAS.	72
7.12	Výsledek dotazu na agregované báze variometru GDAS. . . . .	72
C.1	Absolutní měření - DI-Flux. . . . .	86
C.2	Zkušební zaměstnanec demonstruje absolutní měření v San Fernando.	87
C.3	Zaměřování optické osy DI-Flux na značku se známým azimutem. . .	87
C.4	Tříosé fluxgate čidlo variometru. . . . .	88
C.5	Demonstrace některých jiných pracovních činností. . . . .	89

# Kapitola 1

## Úvod

Mezinárodní síť geomagnetických observatoří **Intermagnet**<sup>1</sup> sdružuje přes 100 observatoří po celém světě. Hlavním úkolem těchto observatoří je vzorkování složek geomagnetického pole Země. Vzorkování probíhá ideálně kontinuálně v reálném čase.

Automatické kontinuální měření je realizováno systémy (variometry), které jsou založeny převážně na senzorech typu fluxgate (feromagnetických sondách). Výstupy těchto měřících systémů jsou zatíženy „systematickou chybou“, která se v geomagnetické komunitě nazývá **báze**. Hodnoty báze je nutné opakovaně zjišťovat a korigovat o ně výstupy variometrů. Ono zjištění korekcí se děje na základě referenčních měření, která se v geomagnetické komunitě nazývají absolutní měření.

Většina observatoří v současné době produkuje dva typy dat, předběžná a definitivní data. **Předběžná data** (preliminary) nemusí být korigována o správnou bázi, tato data jsou dostupná do 72 hodin od akvizice na webové službě sdružení Intermagnet. **Definitivní data** (definitive) jsou považována za nejkvalitnější produkt geomagnetických observatoří, tato data jsou korigována o finální hodnoty báze. Definitivní data jsou však dostupná se značným zpožděním, a to až rok a půl po jejich akvizici. Viz [1]. Časovou mezeru mezi předběžnými a definitivními daty mají nově vyplnit data **kvazi-definitivní** (quasi-definitive). Tato data musí být opatřena předběžnou bází (kvazi-definitivní bází). Kvazi-definitivní data se nesmí od výsledných definitivních dat lišit o více než 5 nT v měsíčním průměru a musí být dostupná nejvýše 3 měsíce od jejich akvizice, viz <http://intermagnet.org/>.

Předpokladem produkce kvazi-definitivních dat je především promptní nabytí báze, které jsou získané na základě absolutních měření. Dále je to volba vhodné metody adopce báze (buď aproximace nebo interpolace) na časových intervalech mezi sousedními absolutními měřeními.

Produkci kvazi-definitivních dat lze realizovat na observatořích s poměrně rozvinutou automatizací procesů. Příklad úspěšné realizace je uveden například v literatuře [2], zde jsou schopni produkovat kvazi-definitivní data krátce po konci každého kalendářního měsíce.

Tato práce se zaměřuje na promptní produkci přístrojových báze na Geomagnetické observatoři Budkov. Právě promptní produkce báze je základním předpokladem k umožnění produkce kvazi-definitivních geomagnetických dat.

---

<sup>1</sup>Intermagnet (International Real-time Magnetic Observatory Network)  
<http://intermagnet.org/>

# Kapitola 2

## Základní pojmy

Práce obsahuje několik pojmů z různých oblastí. Následující kapitola si bere za úkol definovat či vysvětlit pojmy specifické pro dané oblasti. Jedná se především o pojmy zasahující do oblasti fyziky a geomagnetických observatorních měření.

Některé pojmy jsou pro svoji abstraktnost doplněny výpravnými ilustracemi v příloze C této zprávy.

### 2.1 Geomagnetické měření

V této části jsou definovány pojmy z domény geomagnetických měření. Pojmy nejsou úmyslně popisovány v celé šíři, ale spíše zjednodušeně pro jejich správné technické pochopení. Komplexnější pochopení může poskytnout literatura [13], [14] a [21].

#### 2.1.1 Magnetické pole Země a jeho komponenty

Magnetické pole Země je nestacionární vektorové pole. Jedná se tedy o vektorovou funkci, která příslušným geografickým souřadnicím a příslušnému času přiřadí vektor magnetického pole.

**Definice 1 (Magnetické pole na povrchu Země)**

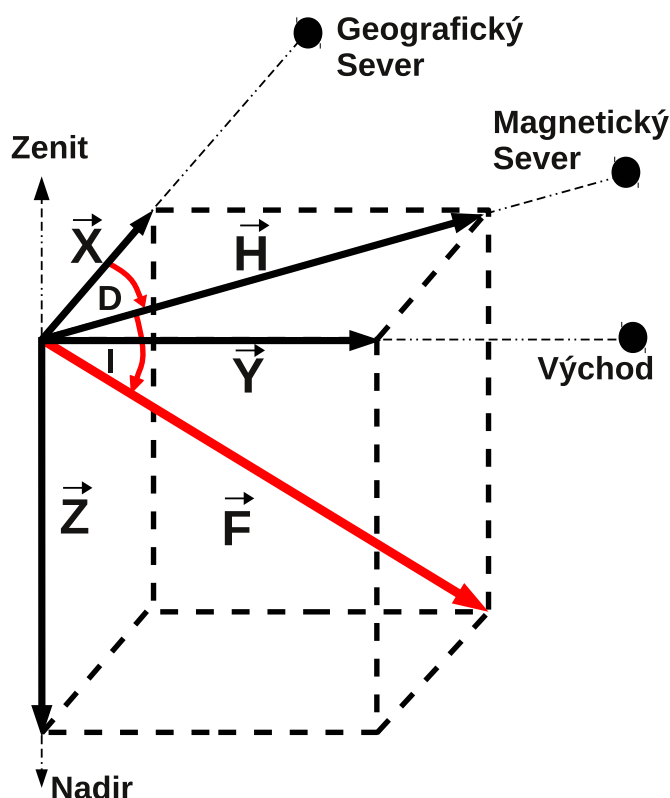
$$\vec{F} = \vec{F}(lat, long, t)$$

kde  $\vec{F}$  je vektor magnetického pole, *lat* označuje zeměpisnou šířku, *long* zeměpisnou délku a konečně *t* je čas.

Obvyklou konvencí je ukotvit vektor geomagnetického pole do směrů geografického kartézského rámce a ve vztahu k tomuto rámci ho popisovat. Geografický kartézský rámec je definován pravým (geografickým) severem, pravým (geografickým) východem a vertikální osou mířící pomyslně do nadiru (protipól zenitu).

Obrázek 2.1 ukazuje vektor  $\vec{F}$  ve vztahu ke geografickému kartézskému rámci a rozklad geomagnetického vektoru  $\vec{F}$  na příslušné složky. Tyto složky patří k obvykle sledovaným a měřeným.[14] Na obrázku jsou složky značeny v používané notaci.





Obrázek 2.1: Rozklad vektoru geomagnetického pole  $\vec{F}$ .

Jednotlivé složky se dají popsat následovně:

$\vec{F}$  Totální vektor indukce geomagnetického pole.

$\vec{H}$  Horizontální indukce. Jedná se o kolmý průmět vektoru  $\vec{F}$  do vodorovné roviny.

$\vec{Z}$  Vertikální indukce. Jedná se o kolmý průmět vektoru  $\vec{F}$  do svislé osy.

$\vec{X}$  Složka v severojižním geografickém směru. Nabývá pozitivních hodnot směrem na sever.

$\vec{Y}$  Složka ve východozápadním geografickém směru. Nabývá pozitivních hodnot směrem na východ.

$D$  Magnetická deklinace. Úhel mezi vektory  $\vec{X}$  a  $\vec{H}$ , nebo-li úhel mezi geografickým a magnetickým poledníkem. Úhel je počítán kladně směrem k východu a záporně směrem k západu.

$I$  Magnetická inklinace. Úhel mezi  $\vec{H}$  a  $\vec{F}$ . Pokud je vektor  $\vec{F}$  pod horizontální rovinou, nabývá inklinace kladných hodnot, pokud je nad horizontální rovinou, nabývá inklinace záporných hodnot.

Mezi jednotlivými složkami totálního vektoru magnetické indukce platí následující vztahy a další vztahy, které přímo vyplývají z obrázku 2.1.

$$F^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 = H^2 + Z^2, \quad (2.1)$$

$$X = H \cos D, Y = H \sin D, H = F \cos I, Z = F \sin I, \quad (2.2)$$

$$\tan I = \frac{Z}{H}, \tan D = \frac{Y}{X}. \quad (2.3)$$

Ke kompletnímu popisu geomagnetického vektoru v daném místě, čase a s ohledem na geografický kartézský rámeček, lze použít vhodnou trojici komponent, například (X,Y,Z), (H,D,Z), (D,F,I) a tak dále.

## 2.1.2 Hlavní typy měření na geomagnetických observatořích

Účelem měření na geomagnetické observatoři je získání hodnot, popisující vektor geomagnetického pole, vztahující se k místu observatoře a času měření. Na geomagnetických observatořích dochází ke dvěma hlavním typům měření.

Hlavní typy měření, které jsou vykonávány na geomagnetických observatořích:

- Měření absolutní.
- Měření variací.

### Měření absolutní

Výstupem absolutního měření jsou hodnoty, které lze považovat za nejbližší možný odhad správných hodnot (konvenčně správné hodnoty) složek vektoru geomagnetického pole v referenčním bodě observatoře (centrálním, hlavním pilíři). Odhad hodnot je realizován měřicím systémem, který je dohodou určený za referenční a jeho výstupy jsou používány jako **reference** k výstupům jiných typů měřicích systémů.

*„Výstupem absolutního měření jsou hodnoty složek geomagnetického vektoru v daném čase a daném místě měření, které lze považovat za referenční (konvenčně správné).“*

### Měření variací

Měření variací je realizováno za pomoci multisložkových měřicích systémů, tak zvaných **variometrů**. Magnetometrické **variometry** jsou magnetometry, které kontinuálně vzorkují a zaznamenávají změny vektoru magnetického pole.[14] Obvykle se jedná o tříosé vektorové systémy, které jsou pevně<sup>1</sup> instalovány na dané observatoři.

Výstupem měřicího systému (magnetického variometru), který provádí měření variací, jsou hodnoty, jež jsou stejnosměrně posunuty oproti hodnotám referenčním, získaných na hlavním observatorním pilířku.

<sup>1</sup>Při instalaci se sondy ukotví na fundament a další manipulace je značně obtížná.

„Výstupem měřicího systému, který realizuje měření variací, jsou hodnoty složek geomagnetického vektoru v daném čase a daném místě, které jsou oproti referenčním hodnotám stejnosměrně posunuty o hodnoty zvané báze.“

Rovnice 2.4 ukazuje vztah výstupu magnetometrického variometru a referenčních hodnot složek měřeného geomagnetického vektoru, za předpokladu že měřicí systém měří tři složky  $(X, Y, Z)$  vektoru geomagnetického pole.

$$d\vec{F} = (dX, dY, dZ) = \vec{F} - \Delta\vec{F} = (X, Y, Z) - (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z), \quad (2.4)$$

kde vektor  $(dX, dY, dZ)$  vyjadřuje výstupy variometrů (tzv. **variace**),  $(X, Y, Z)$  značí vektor referenčních (konvenčně správných) hodnot odpovídajících složek geomagnetického pole a konečně vektor  $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$  odpovídá posuvu hodnot oproti referenčním. Tento posuv se v geomagnetické komunitě nazývá **báze**. Výstupy ze systémů, kterými je provedeno měření variací, lze tedy korigovat přičtením hodnot zvaných báze.

## Báze

Báze variometrů vyjadřují odhad, o kolik se výstup konkrétního variometru liší oproti referenčním hodnotám, které jsou získány absolutním měření na centrálním pilířku observatoře. Pokud jsou hodnoty bází známé, lze je použít ke korekci výstupů variometru.

Rovnice 2.5 ukazuje obecný princip výpočtu bází pro případ tříložkového variometrického systému, který měří složky  $(X, Y, Z)$  vektoru geomagnetického pole  $\vec{F}$ .

$$\begin{aligned} \Delta X_p &= X(t_1) - dX_p(t_1), \\ \Delta Y_p &= Y(t_2) - dY_p(t_2), \\ \Delta Z_p &= Z(t_3) - dZ_p(t_3), \end{aligned} \quad (2.5)$$

kde symboly  $\Delta X_p, \Delta Y_p, \Delta Z_p$  označují báze jednotlivých složek variometru  $p$ . Symboly  $X(t_1), Y(t_2), Z(t_3)$  označují referenční (konvenčně správné) hodnoty složek geomagnetického vektoru  $\vec{F}$  na centrálním pilířku observatoře. A konečně  $dX_p(t_1), dY_p(t_2), dZ_p(t_3)$  označuje výstupy variometru  $p$ .

Báze pro danou složku, daného variometru, získáme odečtením referenční hodnoty odpovídající složky, získané z absolutního měření a odpovídajícího výstupu dané složky variometru. Absolutní a měření variací musí být současné.

Báze se dá tedy považovat za vlastnost každé jednotlivé složky, měřené konkrétním variometrem.

Pro pevné observatorní variometry, jejichž přístrojové báze jsou počítány vzhledem k hlavnímu referenčnímu bodu observatoře, platí předpoklad, že hodnoty jejich bází jsou vůči měřeným hodnotám (variacím) kvazi-stabilní.

Báze variometru se tedy podle předpokladu mění řádově pomaleji, než samotné měřené hodnoty (variace). Zjištěné báze variometrů je pak možné využít ke korekci

výstupů variometru v delším časovém okamžiku, ve kterém považujeme hodnoty bází za konstanty.

Avšak z dlouhodobého hlediska se báze variometru mění a aby byla zajištěna správná korekce výstupů variometrů, je nutné zajistit určování bází pro daný variometr s dostatečnou frekvencí. Protože variometry měří kontinuálně, je frekvence určování bází dána frekvencí provádění absolutního měření.

Předpoklad kvazi-stability bází vůči měřeným variacím platí pro kvalitní observatorní variometry, umístěné na relativně stabilním fundamentu (v poloze), s vyřešenou teplotní závislostí a tak dále. I pro samotné magnetické okolí observatorního variometru by měla být zajištěna kvazi-stabilita. Například podle doporučení sdružení

Intermagnet [1] by dlouhodobá stabilita vektorového variometrického magnetometru, a tedy změna jeho bází, měla ležet pod hranicí  $5 \text{ nT}$  za rok, zatímco změna variace se pohybuje řádově  $\sim 10 \text{ nT}$  denně.

### 2.1.3 Používané typy přístrojů

S ohledem na předchozí část, která vysvětlovala geomagnetická měření spíše principiálně a destilovala je do obecných skupin, tato část uvede určité pojmy, týkající se konkrétních přístrojů a přístrojových systémů, které jsou v současnosti (rok 2013 n. l.) hlavním proudem v dolování geomagnetických dat. Tvrzení, která zde padnou, jsou validována především ze zdrojů [1], [4], [12] a [14].

Pro **měření variací** vektoru geomagnetického pole se v současnosti nejvíce používá variometr, který je založen na třech ortogonálně orientovaných senzorech typu fluxgate a skalárním protonovém magnetometru. Tento čtyřsložkový měřicí systém, provádí automatickou akvizici variací geomagnetického pole se vzorkovací frekvencí  $f_{vz} \approx 1 \text{ Hz}$ <sup>2</sup>.

**Absolutní měření** je v současnosti (rok 2013 n. l.) stále manuální proces. Existuje několik pokusů, jak tento proces automatizovat. Tyto pokusy jsou ovšem v experimentálním stádiu a nelze je implementovat, pokud vůbec kdy implementovatelné budou.

Pro absolutní měření se v současné době nejvíce používá DI-Flux systém. Při tomto měření je stále potřebný kvalifikovaný pracovník. Měření probíhá s minimální doporučenou frekvencí 1/týden. Protože referenční hodnoty získané z absolutních měření slouží k výpočtu bází observatorních variometrů, frekvence provádění by měla být přizpůsobena především s ohledem na stabilitu bází těchto variometrů. Nyní informativně popíšeme pojmy, které jsou pro nás důležité.

#### System pro měření variací (variometr)

Automatický akviziční systém, který realizuje měření variací, se pro ucelenou představu skládá z následujících hlavních komponent.

---

<sup>2</sup>Uváděná hodnota slouží pouze pro orientační představu.

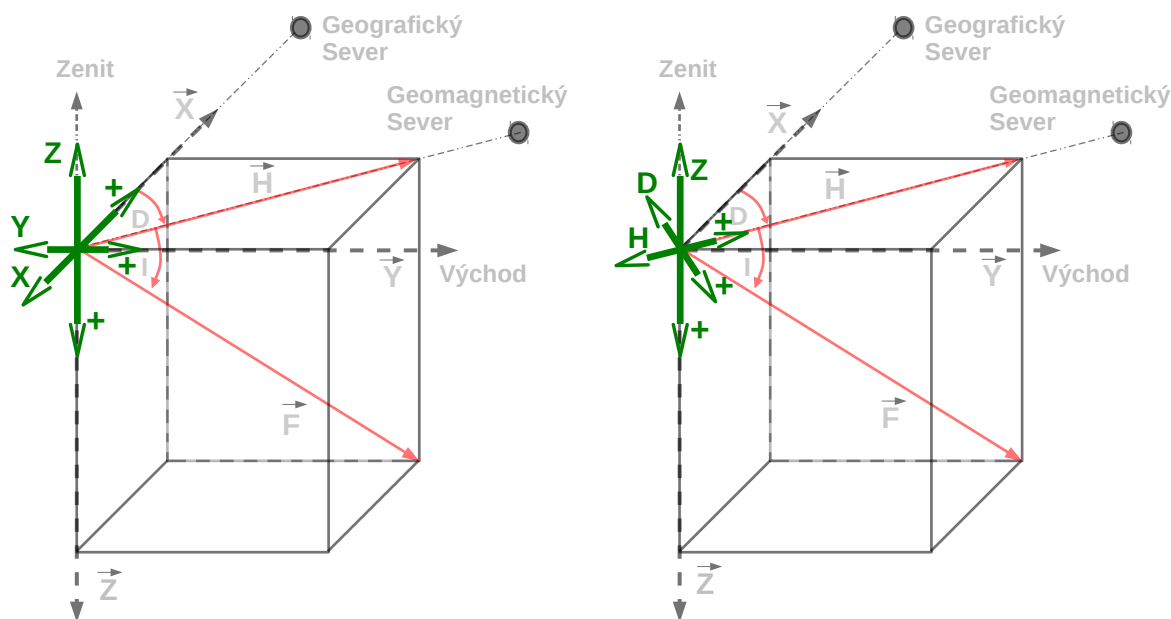
Hlavní komponenty systému pro měření variací:

- Tříosé čidlo - tři ortogonální feromagnetické sondy (v orientaci XYZ, HDZ nebo jiné).
- Skalární protonový magnetometr - měří modul vektoru geomagnetického pole  $|\vec{F}|$ .
- A/D převodník.
- Systém pro ukládání vzorků.
- Systém přesného času.

Pro tuto práci je dále důležitý pojem **orientace variometru**, nebo-li orientace onoho tříosého čidla. Mluví-li se o **orientaci variometru**, mluví se především o relativní pozici tříosého ortogonálního čidla vůči geografickému kartézskému rámci.

Mezi nejvíce používané orientace patří:

- XYZF
- HDZF



a) Orientace XYZ

b) Orientace HDZ

Obrázek 2.2: Porovnání orientací os citlivosti tříosých fluxgate senzorů.

**Orientace XYZF**, zobrazená na obrázku 2.2 a), vyjadřuje orientaci os sond ve směrech shodných jako mají osy geografického kartézského rámce ( $X, Y, Z$ ), písmeno  $F$  poté vyjadřuje, že je v systému přítomný i skalární magnetometr.

**Orientace HDZF**, zobrazená na obrázku 2.2 b), vyjadřuje takovou orientaci os sond magnetometru. Sonda označená  $H$  je orientována ve směru blízkém vektoru  $\vec{H}$ . Sonda označená  $D$  leží ve stejné rovině jako sonda  $H$  a je k ní kolmá, ukazuje tedy hodnotu blízkou nule. Poslední sonda označená  $Z$  je shodná s osou  $Z$  geografického kartézského rámce.

Lze tedy směle prohlásit, že orientace  $HDZF$  senzoru vznikne pootočením orientace  $XYZF$  senzoru podle osy  $Z$  o úhlovou hodnotu deklinace  $D$ . Písmeno  $F$  v označení orientace opět indikuje přítomnost skalárního magnetometru v systému.

Je nutné poznamenat, že orientace  $HDZF$  je poměrně nešťastná. Osa  $H$  variometru by podle definice měla mít směr magnetického meridiánu. Tento směr se ovšem v čase mění se změnou deklinace, avšak senzor zůstává stacionární. Pokud je změna od iniciálního postavení variometru již relativně velká, měl by být tento pevně umístěný variometr natočen opět do aktuální deklinace, tato operace je však v observatorním provozu velice nepříjemná.

Z tohoto důvodu se použití orientace  $XYZF$  jeví jako logičtější varianta. Orientace  $XYZF$  není závislá na pohybující se referenci, neboť směr k zeměpisnému severu se na rozdíl od směru k magnetickému severu s časem nemění.

## Absolutní měření - DI-Flux

DI-Flux přístroj umožňuje měřit úhlové hodnoty magnetické deklinace  $D$  [°] a magnetické inklinace  $I$  [°].

Přístroj se skládá z nemagnetického teodolitu a jednoosé, vektorové sondy typu fluxgate, která je připevněna na teodolit, takže optická osa teodolitu je kolineární s osou citlivosti magnetické sondy. [16] Výstup sondy je vyveden do měřícího přístroje, který se dá použít jako nulový indikátor. Výstup feromagnetické sondy je nulový, pokud je osa sondy orientovaná kolmo na vektor magnetického pole. Teodolit je přístroj, který umožňuje měření úhlů jak v horizontální, tak ve vertikální rovině.

Přístrojový systém DI-Flux je doplněn o samostatný skalární magnetometr, poté lze měřit všechny tři složky vektoru pole (D,I,F) [°, °, nT]. Absolutní měření prováděné pomocí metodiky DI-Flux je tedy založeno na následujících komponentách.

Komponenty pro provádění absolutního měření s DI-Flux:

- DI-Flux - Nemagnetický teodolit s feromagnetickou sondou.
- Mire - Bod se známým geografickým azimutem.
- Nulový indikátor.
- Skalární magnetometr.

Princip **měření deklinace** spočívá v rotaci teodolitu v horizontální rovině (podle vertikální osy) a hledání nuly. Pokud se na nulovém indikátoru objeví nula, pak je osa feromagnetické sondy připevněné na teodolit orientována kolmo na vektor  $\vec{H}$ . Horizontální rovina je určena gravitačně a nastavena libelami, kterými je opatřen teodolit. Z důvodu relativnosti horizontální stupnice teodolitu je nutná značka v

terénu (mire), která má známý geografický azimut. Na tuto značku se v průběhu měření zaměřuje optická osa teodolitu.

**Měření inklinace** spočívá v hledání úhlové odchylky vektoru  $\vec{F}$  od horizontální roviny. Před začátkem měření je nutné rotací v horizontální rovině (podle vertikální osy) nastavit osu teodolitu do směru vektoru  $\vec{H}$  (změřeno při měření deklinace). Po tomto nastavení probíhá rotace už jen ve vertikální rovině (podle horizontální osy) a opět dochází k hledání nuly (směr kolmý na  $\vec{F}$ ). Nutno poznamenat, že pro měření inklinace není potřeba externí značka (obdoba mire), absolutní poloha vertikální stupnice je dána gravitačně.

Opakováním postupů, zmíněných výše, v různých polohách a následným vhodným výpočtem, lze eliminovat kolimační chybu usazení optické a magneticky citlivé osy. Exaktně vysvětlený postup lze nalézt v publikaci [7].

Pokud při měření s DI-Flux teodolitem navíc odečítáme hodnotu modulu vektoru  $\vec{F}$  ze skalárního magnetometru, získáme tři složky potřebné pro kompletní popis geomagnetického vektoru (D,I,F) [ $^{\circ}$ ,  $^{\circ}$ ,  $nT$ ].

# Kapitola 3

## Analýza a popis procesů

Následující kapitola se zabývá definicí a analýzou hlavních procesů, které probíhají na geomagnetické observatoři. Tyto procesy jsou důležité pro produkci geomagnetických dat (historický popis geomagnetického vektoru v místě observatoře).

Analyzované procesy jsou uváděny v kontextu geomagnetické observatoře Budkov (mezinárodní kód BDV), avšak podobné, či dokonce identické procesy probíhají obecně na všech observatořích, které jsou členy sdružení mezinárodní sítě geomagnetických observatoří Intermagnet.

### 3.1 Požadavky na data

Tabulka 3.1 ukazuje přehled dat, která jsou požadovaným výstupem pro observatoře Intermagnet. Na základě těchto požadavků krystalizují procesy produkce dat popisované níže.

Název	Termín odeslání
Předběžná data (variací)	Do 72 hodin od akvizice
Kvazi-definitivní data	Do 3 měsíců od akvizice
Definitivní data	Do 6-ti měsíců od konce kalendářního roku
Roční báze	Do 6-ti měsíců od konce kalendářního roku

Tabulka 3.1: Veřejně produkovaná data pro Intermagnet.

Požadovaná výstupní data budou jednoduše popsána. Exaktní popis dat, společně se specifikacemi formátů pro přenos, nalezne čtenář v literatuře [1].

**Předběžná data (variací)** Jde o data ze systému pro měření variací. Účelem produkce těchto dat je rychlé zveřejnění. Data nemusí obsahovat korekci o správnou bázi.

**Kvazi-definitivní data** Jde o data ze systému pro měření variací, která jsou již korigována o předběžnou bázi. Takto báзованá data se mohou od výsledných definitivních dat lišit maximálně o 5 nT.

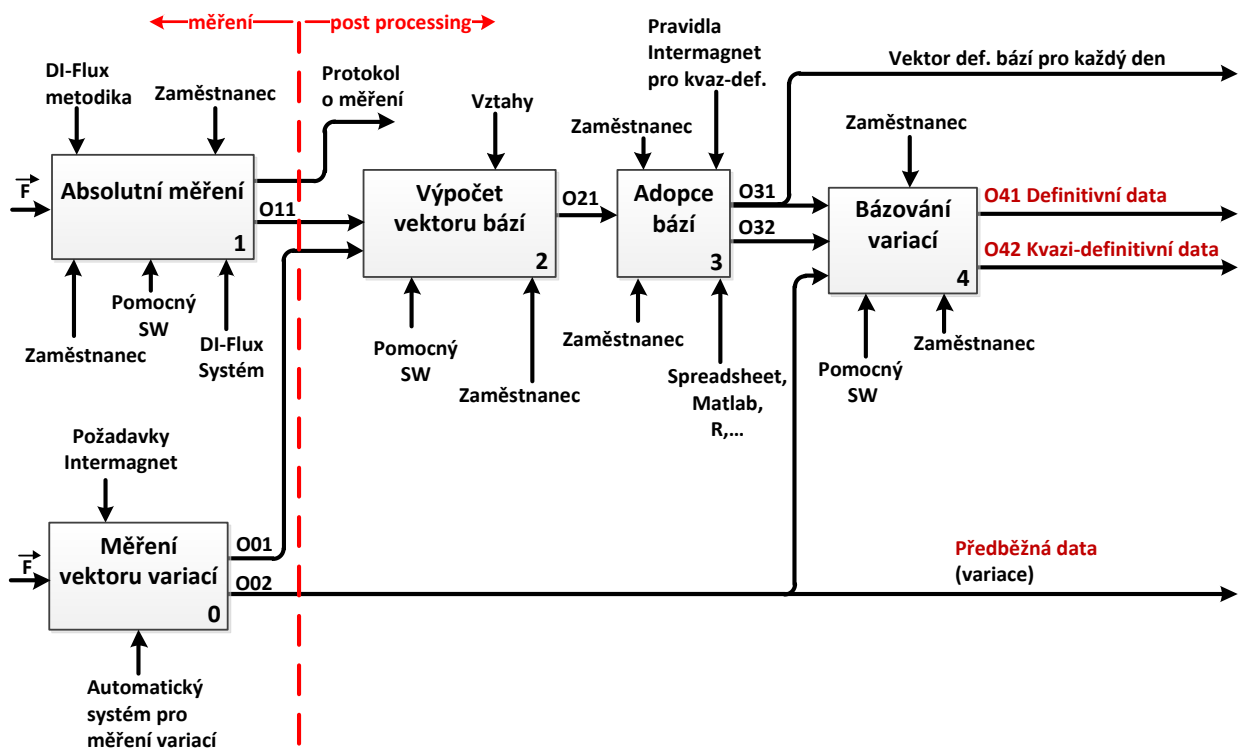
**Definitivní data** Jde o konečná data ze systému pro měření variací, která jsou upravena o finální bázi. Kvalita těchto dat musí být nejvyšší.



**Roční báze** Jde o soubor, který obsahuje přístrojové báze odpovídající složkám reportovaného systému pro měření variací. O tyto báze jsou korigována definitivní data. Báze je pro každou složku jedna denně. Uvažuje se tedy, že v průběhu dne je báze dané složky stálá. Tato data mohou sloužit především ke kvalitativnímu zhodnocení systému pro měření variací, jehož výstupy jsou zveřejňovány.

### 3.2 Globální statický procesní pohled

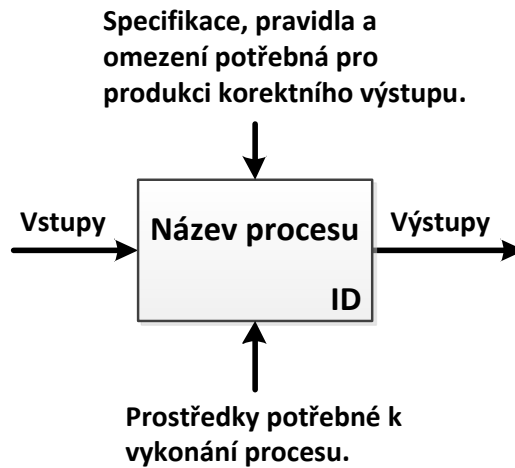
Za účelem produkce dat probíhají na geomagnetické observatoři hlavní procesy, jejichž statický model struktury ukazuje obrázek 3.1.



—Legenda—					
<b>O01</b>	<b>Vektor variací v době abs. měř.</b> (dH(t), dD(t), dZ(t), dF(t)) nebo (dX(t), dY(t), dZ(t), dF(t))	<b>O01</b>	<b>Vektor bází v době abs. měř.</b> (ΔH(t), ΔD(t), ΔZ(t), ΔF(t)) nebo (ΔX(t), ΔY(t), ΔZ(t), ΔF(t))	<b>O41</b>	<b>Definitivní data</b> (H(t), D(t), Z(t), F(t)) nebo (X(t), Y(t), Z(t), F(t))
<b>O02</b>	<b>Vektor variací</b> (dH(t), dD(t), dZ(t), dF(t)) nebo (dX(t), dY(t), dZ(t), dF(t))	<b>O31</b>	<b>Vektor bází pro každý den – Def.</b> (ΔH(t), ΔD(t), ΔZ(t), ΔF(t)) nebo (ΔX(t), ΔY(t), ΔZ(t), ΔF(t))	<b>O42</b>	<b>Kvazi-definitivní data</b> (H(t), D(t), Z(t), F(t)) nebo (X(t), Y(t), Z(t), F(t))
<b>O11</b>	<b>Vektor referenčních hodnot v době absolutního měření</b> (D(t), F(t), I(t))	<b>O32</b>	<b>Vektor bází pro každý den – K-def.</b> (ΔH(t), ΔD(t), ΔZ(t), ΔF(t)) nebo (ΔX(t), ΔY(t), ΔZ(t), ΔF(t))		

Obrázek 3.1: Globální pohled na procesy v notaci IDEF0.

Zobrazený model dodržuje notaci IDEF0 [20]. Sémantika použité notace pro model na obrázku 3.1 je symbolicky znázorněna na obrázku 3.2. Čtvercové bloky symbolizují procesy. Šipky, které do bloku přicházejí zleva, symbolizují vstupy procesů. Šipky, které vycházejí z pravé strany bloku, symbolizují výstupy procesu. Šipky, které



Obrázek 3.2: Symbolicky naznačená sémantika notace IDEF0.

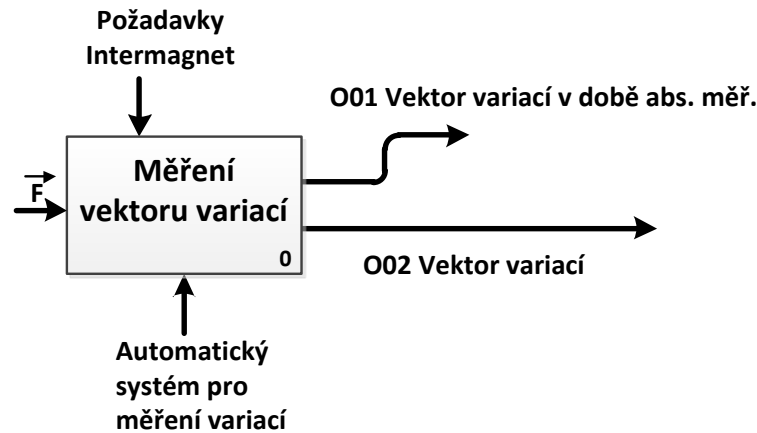
přicházejí do bloku ze shora, symbolizují podmínky a regule, kterými se proces řídí. A konečně šipky, které přicházejí do bloku zespodu, představují prostředky (zdroje), které jsou potřebné k vykonání procesu.

Hlavní procesy, které probíhají za účelem produkce požadovaných dat:

- Proces 0 - Měření vektoru variací.
- Proces 1 - Absolutní měření.
- Proces 2 - Výpočet vektoru bází.
- Proces 3 - Adopce bází.
- Proces 4 - Bázování variací.

V následujících podkapitolách budou popsány jednotlivé procesy a jejich parametry. Některé jsou popsány detailněji jiné pouze všeobecně zmíněny. V popisu bude brán zřetel především na observatoř Budkov (BDV).

### 3.3 Proces 0 - Měření vektoru variací



Obrázek 3.3: Proces 0 - Měření vektoru variací.

Tento proces je v ideálním případě prováděn plně automaticky systémem pro měření variací (variometrem), jehož parametry a nastavení je řízeno především požadavky organizace Intermagnet (přesnost, rozlišení, vzorkovací perioda, ...).

Variometr kontinuálně měří a zaznamenává hodnoty vektoru magnetického pole. Systém je opatřen sondami, které měří tři složky vektoru pole (v závislosti na orientaci) a senzorem pro měření modulu vektoru pole ( $dF$ ). Jako složkové senzory jsou obecně používány tříosé vektorové senzory typu fluxgate, jako senzor modulu  $dF$  je často použit skalární protonový magnetometr.[14]

Pro zajištění nepřetržitosti dat je doporučeno na observatoři používat dva variometrické systémy [1] (hlavní a záložní).

#### Cíl procesu

Cílem procesu je zaznamenat, uchovat a poskytovat nepřetržitý diskrétní záznam variací komponent vektoru magnetického pole.

#### Realizace procesu

Proces je realizován systémem pro měření variací (variometrem) a je plně automatický.

#### Popis vstupů

Za vstup procesu lze považovat vektor geomagnetického pole  $\vec{F}$ .

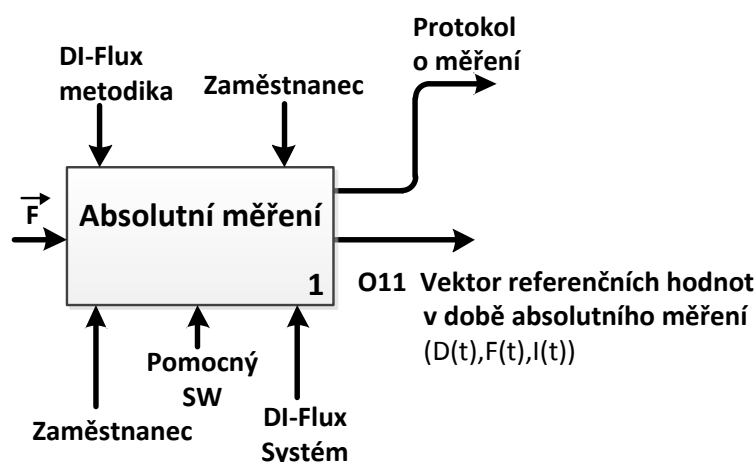
#### Popis výstupů

Výstupem procesu jsou hodnoty variací komponent vektoru geomagnetického pole a absolutní hodnota vektoru pole v čase. Výstup je s časovým rozlišením na 1 s. Typ změřených komponent vektoru geomagnetického pole závisí na orientaci magnetometru.

### Stav na BDV

Měření variací je na geomagnetické observatoři Budkov (BDV) kompletně realizováno. Na geomagnetické observatoři Budkov se v současné době (rok 2013 n. l.) provozují dva číslicové akviziční přístroje, které realizují měření variací. Jedná se o systém GDAS, který používá orientaci HDZF a považuje se za hlavní přístroj. Dalším akvizičním měřicím systémem je systém CANMOS, který je orientován v orientaci XYZF. Je vyvinut abstraktní webový interface, který agreguje jednotlivé měřicí systémy a poskytuje hodnoty variací pro daný systém v čase.

## 3.4 Proces 1 - Absolutní měření



Obrázek 3.4: Proces 1 - Absolutní měření.

Metoda a provedení procesu nejsou pevně dány. Existuje pouze doporučení používat metodiku DI-Flux. Na geomagnetické observatoři Budkov se metodika DI-Flux používá výhradně.

### Cíl procesu

Cílem absolutního měření je získání referenčních (konvenčně správných) hodnot složek vektoru magnetického pole na daném referenčním observatorním bodě a v příslušném čase měření.

### Realizace procesu

Absolutní měření prováděné pomocí DI-Flux metodiky je realizováno manuálně. Obsluha musí být odborně vyškolená.

### Popis vstupů

Za vstup procesu lze považovat vektor geomagnetického pole  $\vec{F}$ .

### Popis výstupů

Výstupem absolutního měření jsou v čase diskrétní hodnoty složek geomagnetického

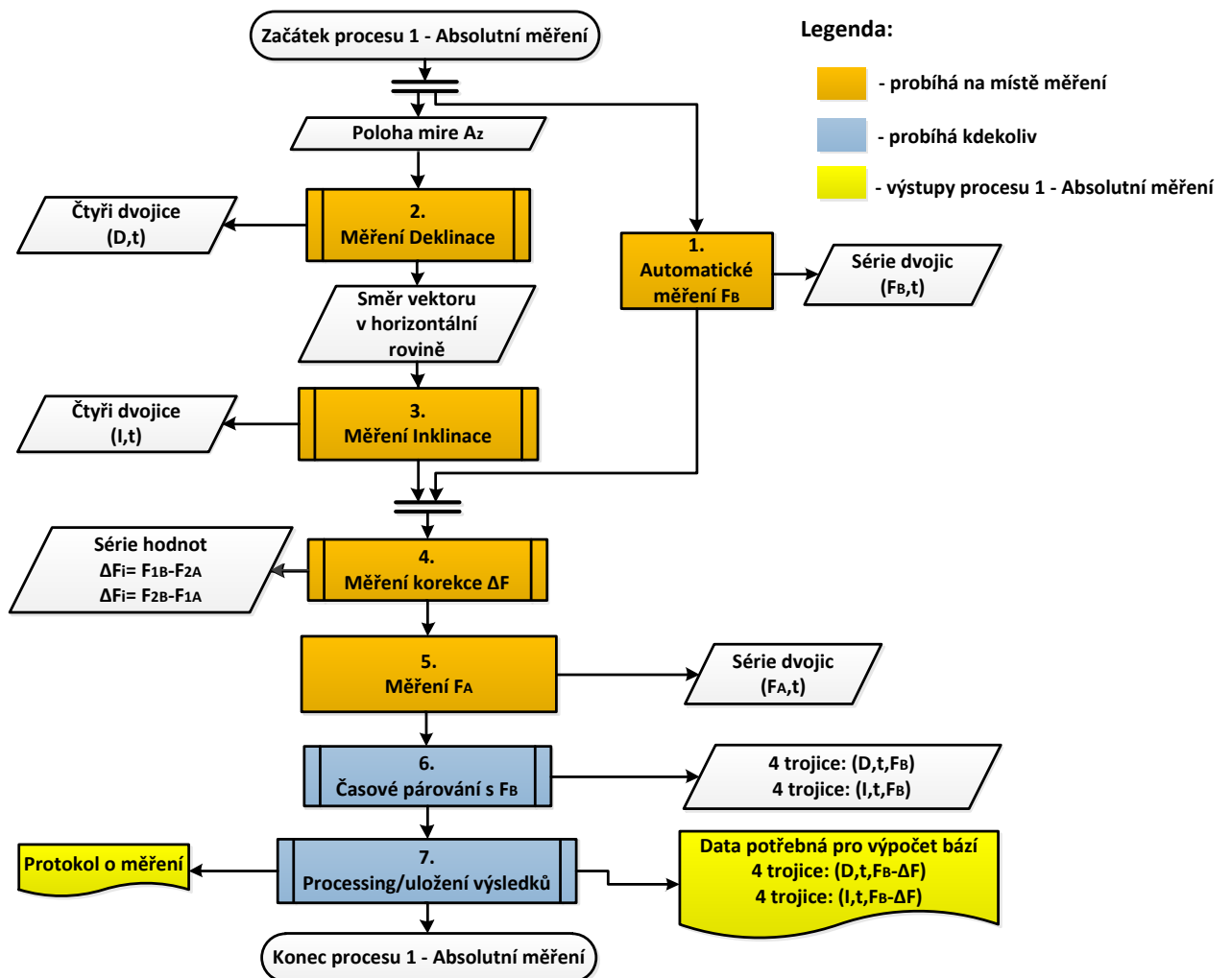
pole  $(D, I, F)$  [ $^{\circ}$ ,  $^{\circ}$ ,  $nT$ ]. Vzorkování může probíhat neequidistantně a průměrná vzorkovací perioda by neměla být delší než  $1/týden$ .

### Stav na BDV

Proces je zde realizován s průměrnou frekvencí 6x6 měření za měsíc (6 sérií měření za měsíc, v každé sérii probíhá 6 opakování). Neexistuje unifikovaný podpůrný SW, zpracování je řešeno každým pracovníkem observatoře poněkud odlišně. Postupy je tedy nutné revidovat.

### 3.4.1 Popis metodiky s DI-Flux

Tato část popisuje postupy realizace absolutního měření pomocí metodiky DI-Flux, které je prováděno nulovou metodou. Popisovaný postup je vztažen k observatoři BDV, může tedy sloužit jako unifikace postupů a výpočetních vztahů. Na metodiku je nahlíženo se zřetelem na algoritmizaci, exaktnější fyzikální popis s důvodným vysvětlením popisovaných kroků nalezne čtenář například v literatuře [7].



Obrázek 3.5: Průběh absolutního měření.

Absolutní měření pomocí metodiky DI-Flux probíhá podle schématu na obrázku 3.5. Měření probíhá de facto na dvou místech. Část měření probíhá na referenčním pilířku observatoře, nechť toto místo nese označení „A“. Další část měření probíhá na místě, které není přesně dáno a může se měření od měření teoreticky lišit, nechť toto místo nese označení „B“.

Pracovník observatoře provádí manuálně nejdříve 2. Měření deklinace a 3. Měření inklinace na místě **A** (referenční observatorní bod).

### Měření Deklinace (D)

Průběh měření deklinace symbolicky popisuje algoritmus 1. Po změření čtyř možných orientací<sup>1</sup> DI-Flux sondy ( $D_X$ ), kde nulový indikátor indikuje nulu. A po zaměření relativního azimutu ( $M_X$ ) značky se známým geografickým azimutem ( $A_Z$ ), je možno určit relativní odchylku vektoru  $\vec{H}$ , označenou  $D_{REL}$ , závislou na iniciálním postavení teodolitu. Dále pak lze určit absolutní velikost magnetické deklinace  $D$ . Hlavním výstupem měření je deklinace  $D$ , avšak pro měření inklinace je potřebná  $D_{REL}$ . Úhlová hodnota  $D_{offset}$  je dána metodou a konfigurací observatoře (na BDV  $D_{offset} = -180^\circ$ ).

---

#### Algoritmus 1: 2. Měření deklinace (azimut \_ mire $A_Z$ )

Postup při měření deklinace - otáčení v horizontální rovině

---

- 1: První záměr Mire:  $M_1$  [°]
  - 2: Druhý záměr Mire:  $M_2$  [°]
  - 3: První pozice pro deklinaci:  $D_{EU}, t_1$ ; [°, UTC]
  - 4: Druhá pozice pro deklinaci:  $D_{WU}, t_2$ ; [°, UTC]
  - 5: Třetí pozice pro deklinaci:  $D_{ED}, t_3$ ; [°, UTC]
  - 6: Čtvrtá pozice pro deklinaci:  $D_{WD}, t_4$ ; [°, UTC]
  - 7: Třetí záměr Mire:  $M_3$  [°]
  - 8: Čtvrtý záměr Mire:  $M_4$  [°]
  - 9: Orientace  $\vec{H}$  v horizontální rovině:  $D_{REL} = \frac{D_{EU} + D_{WU} + D_{ED} + D_{WD}}{4}$ ; [°]
  - 10:  $D = D_{REL} - \left( \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4}{4} - A_Z \right) + D_{offset}$  [°]
- 

### Měření Inklinace (I)

Průběh měření inklinace symbolicky popisuje algoritmus 2. Měření opět probíhá ve čtyřech možných orientacích<sup>2</sup> DI-Flux sondy. Hlavním výstupem tohoto měření je magnetická inklinace označená  $I$ . Úhlová hodnota  $I_{offset}$  je dána metodou a konfigurací observatoře (na BDV  $I_{offset} = 90^\circ$ ).

---

<sup>1</sup>EU (East Up), WU (West Up), ED (East Down), WD (West Down), kde např. EU - magnetická sonda je nad optickou a ukazuje východně atd..

<sup>2</sup>SU (South Up), ND (North Up), SD (South Down), ND (North Down), kde např. SD - magnetická sonda je pod optickou osou a ukazuje jih atd..

---

**Algoritmus 2: 3. Měření inklinace (směr vektoru  $\vec{H}$   $D_{REL}$ )**

Postup při měření inklinace - otáčení ve vertikální rovině

---

- 1: Nastav teodolit v horizontální ose do  $D_{REL}$  a zaaretuj
  - 2: První pozice pro inklinaci:  $I_{SU}, t_5; [^\circ, UTC]$
  - 3: Druhá pozice pro inklinaci:  $I_{ND}, t_6; [^\circ, UTC]$
  - 4: Druhá pozice pro inklinaci:  $I_{SD}, t_7; [^\circ, UTC]$
  - 5: Druhá pozice pro inklinaci:  $I_{NU}, t_8; [^\circ, UTC]$
  - 6:  $I = -\frac{I_{SU} - I_{NU} + I_{ND} - I_{SD}}{4} + I_{offset}; [^\circ]$
- 

**Automatické měření  $F_B$** 

Zatímco na místě **A** (referenční observatorní bod) probíhá měření deklinace a inklinace, na místě **B** probíhá simultánně automatické vzorkování modulu vektoru geomagnetického pole označeného  $F_B$ , výstupem tohoto vzorkování je série dvojic  $(F_B, t)[nT, UTC]$ .

Měření modulu nelze provést z praktických důvodů současně na stejném místě, na kterém pracovník observatoře provádí měření deklinace a inklinace. Z toho důvodu se provádí na vzdáleném místě (místo **B**)

**Měření korekce  $\Delta F$** 

Z důvodu nesoumísnosti současného měření inklinace  $I$  a deklinace  $D$  s modulem  $F_B$ , musí těsně na konci (či na začátku) vlastního měření proběhnout měření korekcí  $\Delta F$ .

Měření korekcí  $\Delta F$  se provádí dvěma skalárními magnetometry a jeho účelem je určení difference modulu vektoru geomagnetického pole mezi místem **B**, kde probíhalo automatické měření  $F_B$  a místem **A**, kde probíhalo simultánně měření inklinace  $I$  a deklinace  $D$ . Výsledná korekce se vypočítá například podle vztahu 3.1.

$$\Delta F = \frac{1}{2} \left( \frac{\sum_{i=1}^n (F_{1Bi} - F_{2Ai})}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n (F_{1Ai} - F_{2Bi})}{n} \right) \quad (3.1)$$

kde číslice  $\{1, 2\}$  v indexu rozlišují samotný skalární magnetometr a písmena  $\{A, B\}$  v indexu vyjadřují pozici skalárního magnetometru. Takže například  $F_{1B}$  čteme: „Hodnota  $F$  ze skalárního magnetometru jedna, měřená na místě **B**.“.

Jak je vidno ze vztahu, v průběhu měření korekcí  $\Delta F$  dochází k místní reverzaci skalárních magnetometrů. Tato praktika pomůže eliminovat stejnosměrně působící chyby.

**Měření  $F_A$** 

Poslední měřící procedurou při absolutním měření je měření modulu vektoru geomagnetického pole, označeného  $F_A$ , přímo na hlavním observatorním pilířku. Toto měření je prováděno opět skalárním magnetometrem.

**Časové párování nesoumísných hodnot**

Na závěr je nutné provést časové párování hodnot naměřené inklinace  $I$  a deklinace

$D$  se simultánně naměřenými hodnotami  $F_B$  korigovanými o korekci  $\Delta F$ . Tento krok již nepatří do samotného měření, nýbrž je součástí zpracování naměřených dat.

### Získání referenčních hodnot

Účelem absolutního měření je získání referenčních hodnot na hlavním observatorním pilířku (referenční bod observatoře). Pro provedení výše popisovaných procedur (měření inklinace  $I$ , měření deklinace  $D$ , měření  $F_B$ , měření korekcí  $\Delta F$ , měření  $F_A$ , časové párování) získáme následující hodnoty, které tvoří jádro protokolu o absolutním měření a mohou být použity jako referenční hodnoty pro výpočet přístrojových bází.

Referenční hodnoty pro deklinaci:

- $(D, t_1, F(t_1)) [^\circ, UTC, nT]$ ,
- $(D, t_2, F(t_2)) [^\circ, UTC, nT]$ ,
- $(D, t_3, F(t_3)) [^\circ, UTC, nT]$ ,
- $(D, t_4, F(t_4)) [^\circ, UTC, nT]$ .

Referenční hodnoty pro inklinaci:

- $(I, t_5, F(t_5)) [^\circ, UTC, nT]$ ,
- $(I, t_6, F(t_6)) [^\circ, UTC, nT]$ ,
- $(I, t_7, F(t_7)) [^\circ, UTC, nT]$ ,
- $(I, t_8, F(t_8)) [^\circ, UTC, nT]$ .

Referenční hodnoty pro modul vektoru geomagnetického pole  $|\vec{F}|$ :

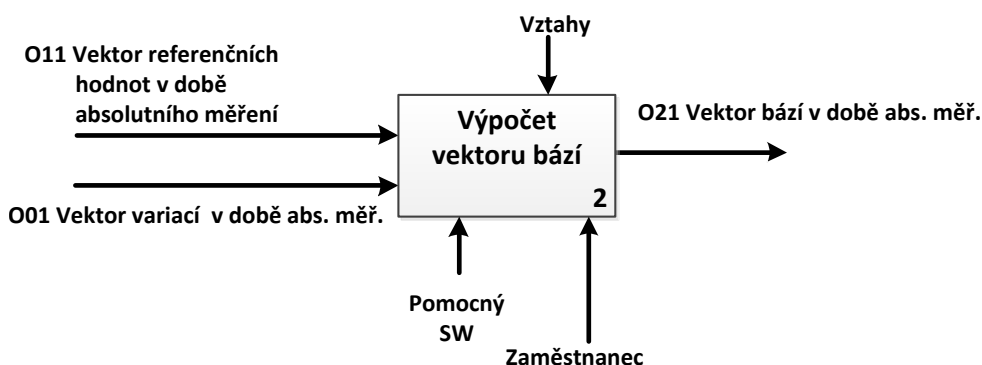
- $(F_A, t_i) [nT, UTC]$ ,
- ...

Kde referenční hodnoty deklinace  $D$  a inklinace  $I$  vznikly podle rovnic v algoritmech 1 a 2. Hodnoty  $F(t_X)$  pro časové okamžiky ( $t_x$ ), kdy probíhalo měření inklinace a deklinace, vznikly podle rovnice 3.2. A referenční hodnoty pro modul vektoru geomagnetického pole odpovídají hodnotám naměřeným na hlavním observatorním pilířku (A).

$$F(t_X) = F_B(t_X) - \Delta F. \quad (3.2)$$



### 3.5 Proces 2 - Výpočet vektoru bází



Obrázek 3.6: Proces 2 - Výpočet vektoru bází.

Definice tohoto procesu popisuje, jakým způsobem se z absolutních měření a měření variací získá vektor bází pro jednotlivé variometry. Jedná se tedy především o aplikaci vhodných matematických vztahů s vhodným dosazením.

#### Cíl procesu

Cílem procesu je určit vektor bází pro každý variometr.

#### Realizace procesu

Proces může být realizován pomocným SW či ručně.

#### Popis vstupů

Do tohoto procesu vstupují **referenční** (konvenčně správné) hodnoty vektoru geomagnetického pole, změřené absolutním měřením na hlavním observatorním pilířku (data z procesu 1 - Absolutní měření).

Dále do procesu vstupují hodnoty **variací** z variometru, jehož báze chceme určit (data z procesu 0 - Měření vektoru variací). Vstupní data musí být správně synchronizována.

#### Popis výstupů

Výstupem je vektor bází pro daný variometr odpovídající dni, kdy bylo prováděno absolutní měření.

#### Stav na BDV

Každý pracovník observatoře řeší výpočet poněkud odlišně. Je nutná revize a unifikace vztahů. Samotný výpočet probíhá v nejednotném tabulkovém procesoru (spreadsheet). Výstupem jsou agregované báze, které vzniknou aritmetickým průměrem z bází vzniklých ze série absolutních měření. Párování hodnot složek pole z absolutního měření s vektorem variací z automatických variometrů je prováděno ručně z logů akvizičního systému. Tato manuální procedura je prováděna pro všechny variometry a je značně časově náročná.

Procedura výpočtu agregovaných bází spotřebuje pro sérii absolutních měření celý člověčen.

### 3.5.1 Vztahy pro výpočet bází

Tato sekce popisuje vztahy pro výpočet jednotlivých bází pro daný variometr a může tedy sloužit jako unifikace výpočetních vztahů. Výpočet bází se liší podle orientace variometru. V následujících řádkách bude výpočet probrán pro dvě nejčastější orientace variometrů. Jedná se o orientaci XYZF a orientaci HDZF. Vztahy implicitně předpokládají, že báze variometru jsou v průběhu absolutního měření konstantní, a že variace jsou dostupné z libovolného časového okamžiku.

#### Vztahy pro XYZF

Zopakujme, že pro variometr  $p$  v orientaci XYZF značíme složky vektoru bází  $(\Delta X_p, \Delta Y_p, \Delta Z_p, \Delta F_p)$  a složky vektoru variací změřených daným variometrem  $(dX_p, dY_p, dZ_p, dF_p)$ , referenční hodnoty značíme  $(X, Y, Z, F)$ . Dále zopakujme, že obecně platí vztah 3.3.

$$(\Delta X_p, \Delta Y_p, \Delta Z_p, \Delta F_p) = (X, Y, Z, F) - (dX_p, dY_p, dZ_p, dF_p). \quad (3.3)$$

Konkrétní výpočet ukazuje soustava následujících rovnic. Jak je patrné poměrně jednoduchý obecný výpočet se poněkud zkomplikoval. Tato komplikace je dána DI-Flux měřicí metodikou, kterou byly získány referenční hodnoty složek vektoru geomagnetického pole. Proměření jednotlivých poloh sondy je poměrně časově náročné, toto měření může probíhat řádově desítky minut. Z tohoto důvodu je nutné uvažovat, že ve výpočtech může vzniknout časová chyba. Uvedené Výpočty jsou modifikací postupů v literatuře [16].

$$\Delta F_P = \frac{\sum_{i=1}^n (F(t_i) - dF_P(t_i))}{n}, \quad (3.4)$$

$$F_{AVG} = \frac{F(t_5) + F(t_6) + F(t_7) + F(t_8)}{4}, \quad (3.5)$$

$$dZ_{AVG} = \frac{dZ_P(t_5) + dZ_P(t_6) + dZ_P(t_7) + dZ_P(t_8)}{4}, \quad (3.6)$$

$$\Delta Z_P = F_{AVG} \sin(I) - dZ_{AVG}, \quad (3.7)$$

$$H(t_X) = \sqrt{(\Delta F_P + dF_P(t_X))^2 - (\Delta Z_P + dZ_P(t_X))^2}, \quad (3.8)$$

$$H_{AVG} = \frac{H(t_1) + H(t_2) + H(t_3) + H(t_4)}{4}, \quad (3.9)$$

$$dX_{AVG} = \frac{dX_P(t_1) + dX_P(t_2) + dX_P(t_3) + dX_P(t_4)}{4}, \quad (3.10)$$

$$\Delta X_P = H_{AVG} \cos(D) - dX_{AVG}, \quad (3.11)$$

$$dY_{AVG} = \frac{dY_P(t_1) + dY_P(t_2) + dY_P(t_3) + dY_P(t_4)}{4}, \quad (3.12)$$

$$\Delta Y_P = H_{AVG} \sin(D) - dY_{AVG}. \quad (3.13)$$

Vztah 3.8 říká, jakým způsobem vypočítat hodnotu  $H$  v čase  $t_x$ , tato zákonitost je použita pro výpočet  $H_{AVG}$  v požadovaných časech  $t_1, t_2, t_3, t_4$ . Pokud bychom například použili pro výpočet  $H_{AVG}$  místo vztahu 3.8 a 3.9 vztah

$$H_{AVG} = F_{AVG} \cos(I),$$

dopustili bychom se pak ve vztazích 3.11 a i 3.13 časové chyby. Důvodem této chyby je, že deklinace je průměrem z absolutního měření v časech  $t_1, t_2, t_3, t_4$  a inklinace je průměrem z absolutního měření v časech  $t_5, t_6, t_7, t_8$ . Toto značení časů formálně odpovídá značení časů v sekci popisu metodiky DI-Flux 3.4.1.

Další poznámka směřuje k rovnici 3.8 pro výpočet  $H(t_X)$ . Pokud jsou při absolutním měření zaznamenány i hodnoty modulu vektoru  $F$  v časech měření deklinace, lze použít pro výpočet  $H(t_X)$  v časech  $t_1, t_2, t_3, t_4$  vztah:

$$H(t_X) = \sqrt{(F(t_X))^2 - (\Delta Z_P + dZ_P(t_X))^2}.$$

### Vztahy pro HDZF

Následující vztahy vznikaly podobnými úvahami jako vztahy pro výpočet XYZF. Rozdíl je zde pouze ve vztahu 3.20. Měřená variace složky  $dD$  z orientace HDZF je obvykle přepočítává na úhlovou variaci v deklinaci. Výpočty jsou modifikací postupů v literatuře [16]. Dolní index  $p$  ve vztazích značí konkrétní variometr  $p$ .

$$\Delta F_P = \frac{\sum_{i=1}^n (F(t_i) - dF_P(t_i))}{n}, \quad (3.14)$$

$$F_{AVG} = \frac{F(t_5) + F(t_6) + F(t_7) + F(t_8)}{4}, \quad (3.15)$$

$$dH1_{AVG} = \frac{dH_P(t_5) + dH_P(t_6) + dH_P(t_7) + dH_P(t_8)}{4}, \quad (3.16)$$

$$\Delta H_P = F_{AVG} \cos(I) - dH1_{AVG}, \quad (3.17)$$

$$dH2_{AVG} = \frac{dH_P(t_1) + dH_P(t_2) + dH_P(t_3) + dH_P(t_4)}{4}, \quad (3.18)$$

$$dD_{AVG} = \frac{dD_P(t_1) + dD_P(t_2) + dD_P(t_3) + dD_P(t_4)}{4}, \quad (3.19)$$

$$\Delta D_P = D - \arctan \left( \frac{dD_{AVG}}{\Delta H_P + dH2_{AVG}} \right), \quad (3.20)$$

$$dZ_{AVG} = \frac{dZ_P(t_5) + dZ_P(t_6) + dZ_P(t_7) + dZ_P(t_8)}{4}, \quad (3.21)$$

$$\Delta Z_P = F_{AVG} \sin(I) - dZ_{AVG}. \quad (3.22)$$

### 3.5.2 Výpočet agregovaných přístrojových bází

Tato část popisuje především praktické postupy, které probíhají na geomagnetické observatoři Budkov. Lze ovšem očekávat, že podobné postupy probíhají i na jiných geomagnetických observatořích.

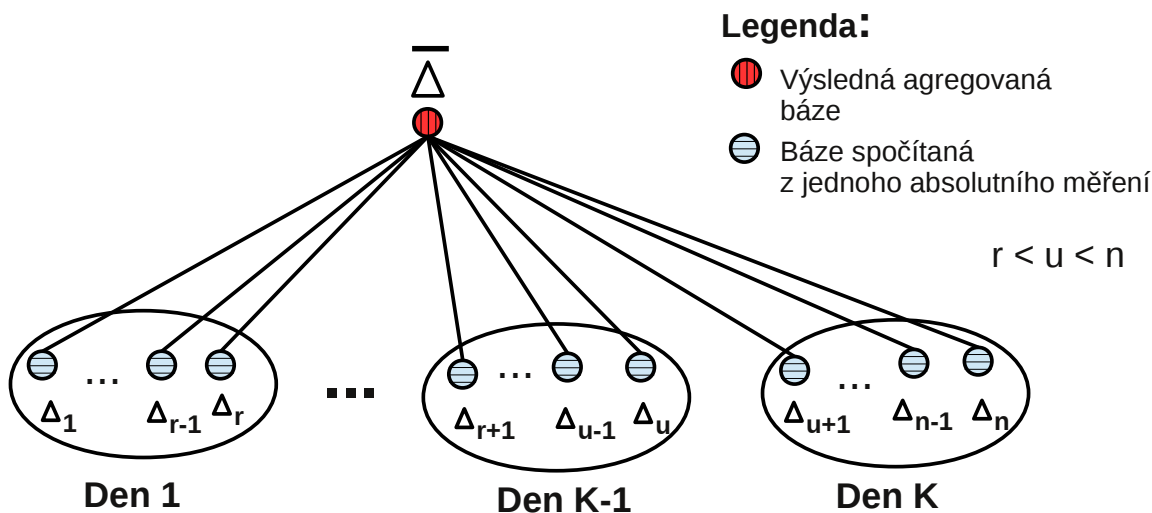
Rovnice v sekci 3.5.1 ukazují, jakým způsobem lze získat báze pro daný variometr z realizace jednoho absolutního měření. Tyto báze však nejsou přímo reportovány a používány ke korekci variací. Reportovány jsou **agregované báze**, které vzniknou jako **výběrový aritmetický průměr** bází získaných z realizace série  $n$  absolutních měření.

V průběhu realizace této série absolutních měření je předpokládáno, že se přístrojové báze výrazně nemění (báze jsou kvazi-statické). Aritmetický průměr bází je považován za nejpravděpodobnější hodnotu hledané přístrojové báze.

Známa rovnice 3.23 ukazuje výpočet agregované přístrojové báze z realizace série  $n$  absolutních měření pro obecnou složku variometru.

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n}. \quad (3.23)$$

Série absolutních měření z nichž vznikly agregované báze (pro každou složku variometru jedna) může být rozprostřena v průběhu dne i do několika dní. Obrázek 3.7 ukazuje obecné schéma způsobu, jakým vzniká výsledná agregovaná báze pro obecnou složku nějakého variometru.



Obrázek 3.7: Schéma výpočtu agregované báze.

Pro geomagnetickou observatoř Budkov platí pravidla pro proměnné v obrázku 3.7.

- $K = 2$
- $n = 6$

Výsledná agregovaná báze vznikne tedy průměrem bází získaných z 6-ti absolutních měření, která jsou provedena rovnoměrně v průběhu dvou dnů. Výsledná agregovaná báze se určuje k datu posledního dne měření.

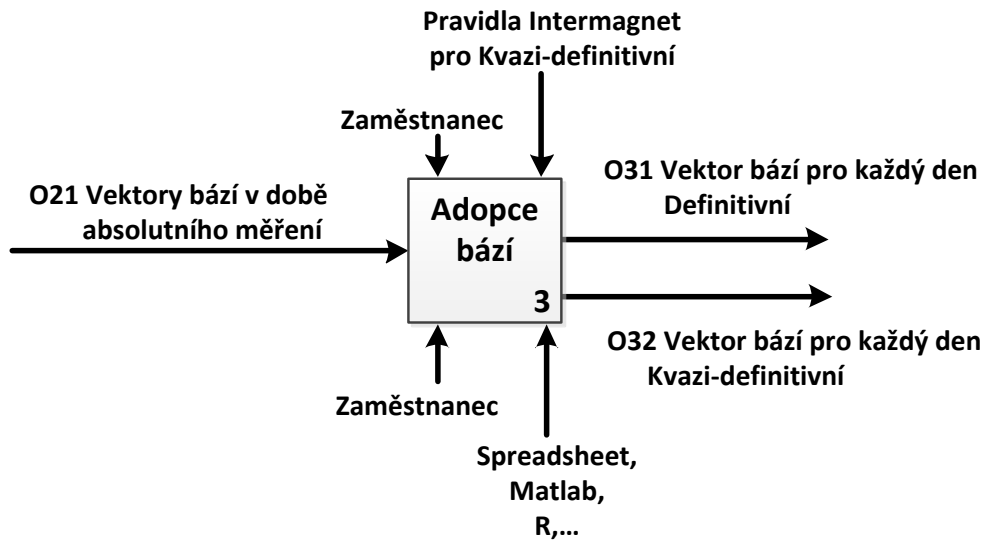
### Posuzování preciznosti (míry variability) agregovaných bází

Samotný aritmetický průměr dává neúplnou informaci o datech, z jakých byl vypočítán. Jedná se o takzvanou míru polohy. Aritmetický průměr je tedy vhodné doplnit o informaci, jak moc byl soubor dat rozptýlen. Tuto informaci lze použít ke zhodnocení kvality agregované báze.

Vhodnou mírou variability může být **výběrová směrodatná odchylka**, která je definovaná například v literatuře [15]. Výpočet výběrové směrodatné odchylky pro obecnou složku variometru ukazuje rovnice 3.24.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n - 1}}. \quad (3.24)$$

### 3.6 Proces 3 - Adopce bází



Obrázek 3.8: Proces 3 - Adopce bází.

#### Cíl procesu

Získání vhodné báze pro každý den zadaného intervalu.

#### Realizace procesu

Proces lze realizovat ručně s použitím pomocného SW.

#### Popis vstupů

Do procesu vstupují jednotlivé báze, jejichž časové rozložení odpovídá časovému rozložení absolutních měření.

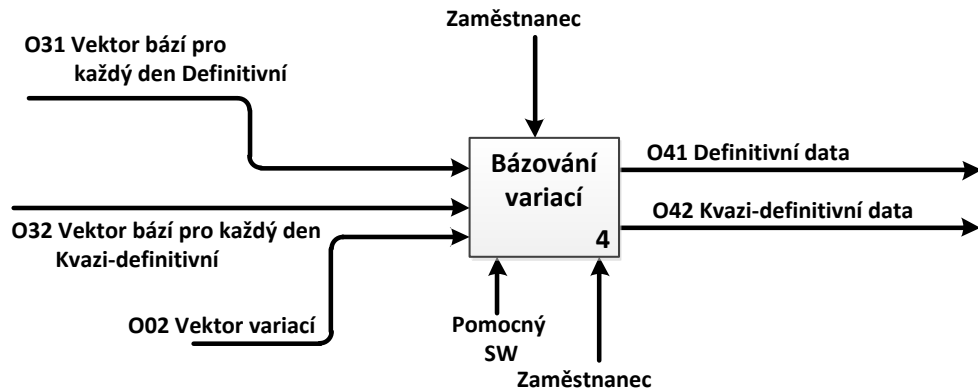
#### Popis výstupů

Výstupem je vektor bází pro každý den zadaného intervalu. Hodnoty bází pro každý den zadaného intervalu vzniknou vhodnou interpolací či aproximací bází, které jsou získány z absolutních měření a jim současných měření variací.

#### Stav na BDV

Na observatoři Budkov se báze pro každý den získávají aproximací po částech lineární funkcí. Aproximace je získávána pomocí tabulkového procesoru či jiného analytického SW, konkrétní parametry adopce záleží především na uvážení pracovníka observatoře.

### 3.7 Proces 4 - Bázování variací



Obrázek 3.9: Proces 4 - Bázování variací.

Bázování variací je poslední proces k získání definitivních a kvazi-definitivních dat. Tento proces v podstatě pouze programově přičítá dané báze k odpovídajícím variacím.

#### Cíl procesu

Cílem procesu je získat bázovaná data.

#### Realizace procesu

Proces nelze realizovat ručně. Musí být použit pomocný SW.

#### Popis vstupů

Báze pro každý den bázovaného intervalu.

#### Popis výstupů

Výstupem jsou variace z akvizičního systému (variometru), která jsou korigována o bázi. Data jsou kvazi-definitivní pokud jsou opatřena kvazi-definitivní bázi. Data jsou definitivní pokud jsou opatřena definitivní bázi.

#### Stav na BDV

Geomagnetická observatoř Budkov v současné době produkuje definitivní data.

### 3.8 Závěr z analýzy procesů

Jako **hlavní překážka** promptního získávání (přístrojových) bází pro jednotlivé variometry se jeví **proces 2 - Výpočet vektoru bází**. Proces je značně časově náročný a z principu automatizovatelný. Pro tento proces je nutné navrhnout SW podporu. SW podpora musí být začleněna do stávající infrastruktury. Dále je nutné upravit formu výstupů **procesu 1 - Absolutní měření**, která není v současnosti dostatečná.



# Kapitola 4

## Navržené řešení

Tato kapitola staví na předchozí, kde došlo ke globální statické analýze procesů, které krystalizují na geomagnetických observatořích z požadavků mezinárodní organizace Intermagnet. Zde jsou rozebrány stěžejní myšlenky navrženého softwarového řešení, které bude sloužit jako podpora procesu **absolutní měření** a procesu **výpočet bází**.

Navržené řešení umožní promptní produkci bází na geomagnetické observatoři Budkov (BDV).

### 4.1 Definice prostoru problému

#### 4.1.1 Cíl řešení

Hlavním cílem řešení je promptní získání přístrojových bází, které umožní produkci kvazi-definitivních dat. Tento obecný cíl se rozpadá na dva hlavní podcíle.

1. Návrh řešení pro podporu **procesu 1 - Absolutní měření** viz sekce 3.4.
2. Návrh řešení pro podporu **procesu 2 - Výpočet vektoru bází** viz sekce 3.5.

#### 4.1.2 Požadavky

##### Funkční požadavky

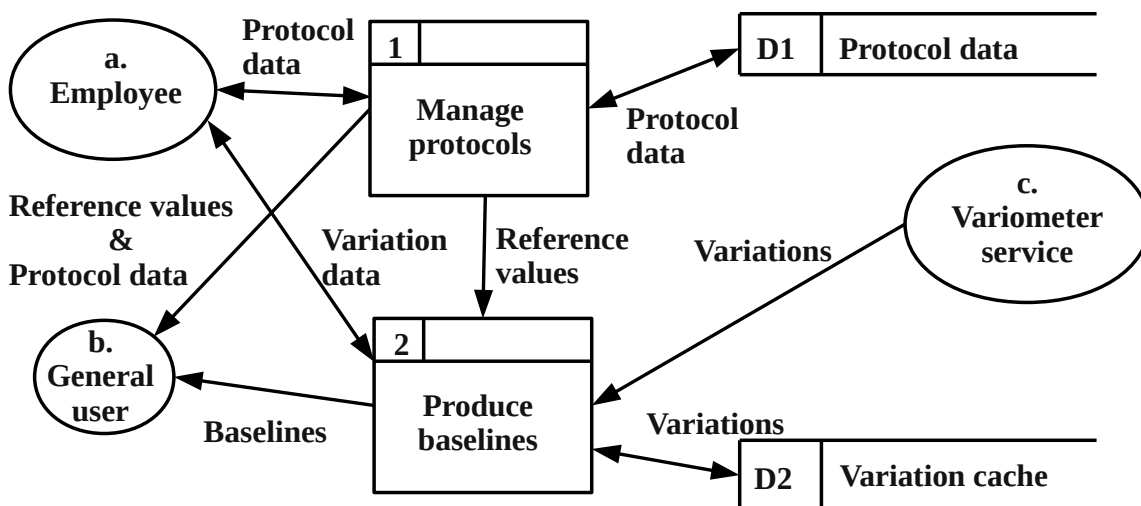
1. Požadavky na řešení pro podporu **procesu 1 - Absolutní měření**:
  - Vytvoření a správa protokolů o absolutním měření.
  - Centrální přístup k protokolům o absolutním měření.
  - Centrální přístup k referenčním hodnotám složek vektoru geomagnetického pole získaných z protokolů o absolutních měření.
2. Požadavky na řešení pro podporu **procesu 2 - Výpočet vektoru bází**:
  - Centrální přístup k bázím jednotlivých variometrů.
  - Možnost rozšíření systému o další variometry.

## Mimofunkční požadavky

- Požadavky na řešení pro podporu **procesu 1 - Absolutní měření**:
  - Zajištění dostatečné magnetické čistoty na místě vykonávání měření.
- Požadavky na řešení pro podporu **procesu 2 - Výpočet vektoru bází**:
  - Báze přístrojů musí být ve formátu lehce zpracovatelným matematickými analytickými programy.

## 4.2 Logický model navrženého systému

Logický model datových toků navrženého systému, který splňuje funkční požadavky definované výše, ukazuje schématicky obrázek 4.1. Z obrázku jsou patrné jednotlivé elementy a mezielementní orientované datové toky.



Obrázek 4.1: Navržený systém - Logický Data Flow Diagram.

Model systému zahrnuje dva hlavní logické subsystémy:

- 1. Manage protocols.
- 2. Produce baselines.

„1. **Manage protocols**“ je subsystém, který třídí správu protokolů o absolutních měření. Zajišťuje správu samotných naměřených hodnot, ale i správu metainformací o měření.

„2. **Produce baselines**“ je subsystém, který na základě vstupních informací, produkuje nepřímě změřené (vypočítané) vektory přístrojových bází.

Se systémem interagují externí entity, které jsou v logickém DFD na obrázku 4.1 označeny oválem. Tyto entity definují kontext systému.

Hlavní externí entity, které interagují se systémem:

- a. Employee,
- b. General user,
- c. Variometer service.

**a. Employee.** Jedná se o pracovníka observatoře, který se stará o správu protokolů o měření a správu metainformací.

**b. General user.** Obecný uživatel, který má právo čtení informací o protokolech, referenčních hodnotách složek geomagnetického pole a vypočítaných hodnotách bází variometrů.

**c. Variometer service.** Jedná se o existující externí systém, který přes jednotné HTTP rozhraní poskytuje data jednotlivých variometrů.

Systém dále obsahuje dvě hlavní logická datová úložiště. Tato datová úložiště zajišťují persistenci potřebných dat.

Logická datová úložiště:

- D1 : Protocol data,
- D2 : Variation cache.

Datové úložiště **D1** poskytuje persistenci protokolů o absolutním měření a dalších souvisejících metainformací. Datové úložiště **D2** uchovává stažené vektory variací, jež byly staženy z externího systému, a které jsou potřebné pro výpočet bází. Toto datové úložiště slouží jako mezipaměť (cache) vektorů variací.

### 4.2.1 Hlavní pracovní sekvence

Hlavní těžiště práce se systémem lze zkráceně vyjádřit následující pracovní sekvencí.

Hlavní pracovní sekvence:

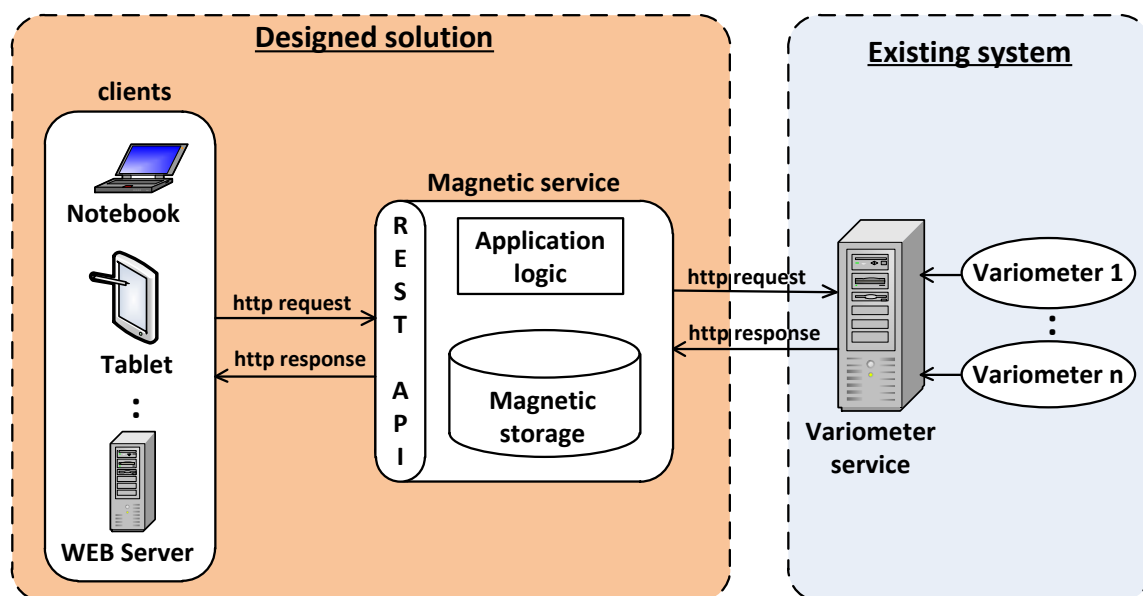
1. Zaměstnanec na základě absolutního měření vytvoří protokol o měření.
2. Obecný uživatel požádá o přístrojové báze konkrétního variometru.
3. Systém z konkrétních protokolů získá referenční hodnoty složek vektoru geomagnetického pole. K těmto hodnotám získá odpovídající variace, provede výpočet bází. Vypočítané báze poskytne uživateli.

## 4.3 Architektura systému

Pro manipulaci s protokoly o **absolutním měření**, získání příslušných **referenčních hodnot** složek vektoru geomagnetického pole a nabytí příslušných přístrojových **bází** bylo navrženo řešení, které je založeno na zdrojově orientované webové službě (service), která nese rysy REST webových služeb [10]. Navržená webová služba využívá protokol HTTP (HTTPS). Výhodou tohoto architektonického stylu je především jistá standardnost rozhraní, které nezávisí na použité technologii či programovacím jazyku.

Systém, používající tento architektonický styl, se skládá ze servisní a klientské aplikace, které mezi sebou komunikují bezstavově. Klient i server se navzájem dorozumívají pomocí HTTP protokolu.

Konkrétní pohled na navržené řešení ukazuje obrázek 4.2. V obrázku je principiálně naznačeno navržené řešení v kontextu existujícího systému, který poskytuje vektory variací také pomocí HTTP protokolu.



Obrázek 4.2: Globální pohled na navržené řešení.

Popisem základního návrhu služby **Magnetic service** se budou zabývat následující kapitoly.

# Kapitola 5

## Popis návrhu

V této kapitole bude popsán návrh systému, který byl obecně načrtnut v předchozí kapitole.

Popisovaný návrh lze rozdělit na dvě části:

- Návrh datových modelů.
- Návrh komunikačního rozhraní.

Popisované **datové modely** jsou určeny pro **Magnetic storage** z obrázku 4.2. **Komunikační rozhraní** je určeno pro komunikaci klientů s **Magnetic service**. Popis může posloužit pro implementaci servisní aplikace, ale i aplikace klientské.

Popisovaný návrh je uváděn se záměrem nevzdalovat se příliš logické úrovni a abstrahuje tak od implementačních detailů. A to především, protože logická úroveň návrhu je časově stálejší, než úroveň implementační. Případné implementační detaily jsou obsaženy v CD příloze jako zdrojový kód aplikace.

Popis dále dodržuje paradigma, že dokumentační informace nemusí být úplné, ale musí být přesné.

### 5.1 Datové modely

Tato sekce popisuje datové modely a dává tak tušit ontologii daného prostoru problému. Pro ukládání perzistentních dat byla zvolena **relační databáze**, tomuto faktu odpovídá i následující výklad.

Dále je nutné poznamenat, že v datových modelech se často vyskytují atributy, u kterých je krucióální správná reprezentace jejich hodnot. O správné pochopení se stará následující výčet.

- **Temporální atributy** (čas, datum) jsou vždy chápány v UTC (Coordinated Universal Time) a jsou ukládány odděleně v samostatných attributech.
- **Úhlové atributy** jsou vždy chápány jako jedno celé číslo, které vyjadřuje úhel přepočítaný do úhlových sekund.

- **Atributy hodnot pole** jsou vždy celé číslo, které vyjadřuje hodnotu pole v jednotkách [pT].

Sémantika hodnot uvedených atributů je uvažována při návrhu modelu, může být však na aplikační úrovni, v případě potřeby, parametricky změněna.

Přehled všech atributů, jejich domén a stručný popis lze nalézt v příloze A.

## 5.1.1 Datový model protokolu o absolutním měření

### Stručný popis datového modelu

Hlavním účelem datového modelu protokolu o absolutním měření je poskytnout dostatečný, efektivní a správný popis stavu, který byl indikován v průběhu měření. Nejedná se tedy pouze o model „výsledků“.

Navržená struktura protokolu o absolutním měření, které je prováděno nulovou **DI-Flux** metodou, je založena především na informacích v sekci 3.4.1. Model je dále obohacen o další metainformace z realizace procesu měření.

Z identifikovaných entit a jejich vzájemných vztahů na konceptuální úrovni, vznikl transformací do relačního schématu datový model, který ukazuje obrázek 5.1. Z obrázku jsou patrné jednotlivé relace, jejich vzájemné vztahy a základní parametry těchto vztahů (kardinalita, parcialita/totalita).

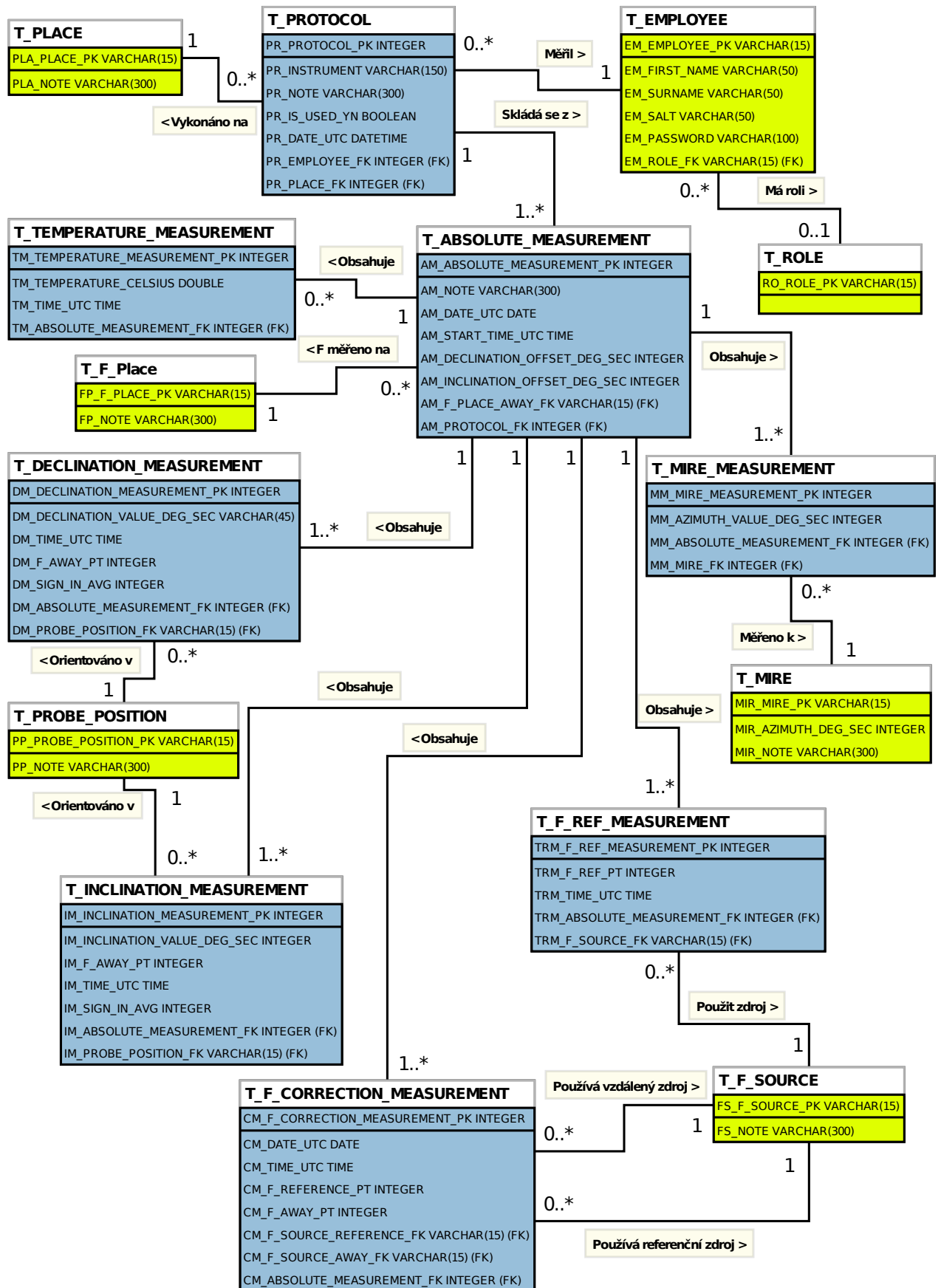
Pro přehlednost byly relace (tabulky) v modelu na obrázku 5.1 rozděleny do dvou skupin.

**První skupina tabulek** v modelu jsou tabulky, které samy o sobě nenesou žádnou informaci o realizaci absolutních měření. Záznamy v těchto tabulkách mohou existovat zcela nezávisle na druhé skupině tabulek. Seznam těchto tabulek ukazuje tabulka 5.1

**Druhá skupina tabulek** v modelu na obrázku 5.1 jsou tabulky, které nesou přímo informaci o realizaci absolutních měření. Záznamy v těchto tabulkách nemohou v systému existovat zcela nezávisle na první skupině. Seznam těchto tabulek ukazuje tabulka 5.2.

Název relace	Popis
T_EMPLOYEE	Ukládá informace o pracovnících observatoře (uživatelích systému).
T_ROLE	Číselník uživatelských rolí. Udržuje informace pro autorizační proces.
T_PLACE	Ukládá informace o observatořích či jiných místech, kde může být prováděno absolutní měření.
T_F_PLACE	Ukládá informace o místech, kde je prováděno skalární měření modulu vektoru geomagnetického pole.
T_F_SOURCE	Ukládá informace o zdrojích, které produkují modul vektoru geomagnetického pole.
T_MIRE	Ukládá informace o bodech se známým geografickým azimutem, tak zvaných mire.
T_PROBE_POSITION	Číselník možných poloh DI-Flux sondy.

Tabulka 5.1: Seznam relací, které nenesou přímou informaci o realizaci měření.



Obrázek 5.1: Datový model protokolu o absolutním měření.

Název relace	Popis
T_PROTOCOL	Reprezentuje celý jeden protokol o sérii absolutních měření.
T_ABSOLUTE_MEASUREMENT	Reprezentuje konkrétní absolutní měření.
T_MIRE_MEASUREMENT	Reprezentuje jeden záměr mire v průběhu absolutního měření.
T_DECLINATION_MEASUREMENT	Reprezentuje jedno měření deklinace v průběhu absolutního měření.
T_INCLINATION_MEASUREMENT	Reprezentuje jedno měření inklinace v průběhu absolutního měření.
T_TEMPERATURE_MEASUREMENT	Reprezentuje jedno měření teploty v průběhu absolutního měření.
T_F_CORRECTION_MEASUREMENT	Reprezentuje jedno měření korekce $\Delta F$ (rozdílu dvou absolutních hodnot geomagnetického vektoru $F$ ).
T_F_REF_MEASUREMENT	Reprezentuje jedno měření modulu geomagnetického vektoru $F$ v referenčním bodě.

Tabulka 5.2: Seznam relací, které nesou přímou informaci o realizaci měření.

Za hlavní relace, z pohledu protokolů, by se dala označit tabulka **T\_PROTOCOL** a tabulka **T\_ABSOLUTE\_MEASUREMENT**. Tyto dvě relace jsou v totalitním vztahu 1:n, což vyjadřuje skutečnost, že každé absolutní měření musí patřit do nějakého protokolu a každý protokol o absolutním měření se skládá z alespoň jednoho absolutního měření. Tato kardinalita je důležitá pro výpočet výsledných přístrojových bází, které vznikají agregací jak popisuje sekce 3.5.2. Výsledná agregovaná báze je počítána z hodnot získaných ze série absolutních měření, které jsou obsaženy v jednom protokolu. Agregované bázi je přiřazeno datum, kterému odpovídá atribut *PR\_DATE\_UTC* z tabulky **T\_PROTOCOL**.

K případnému zabránění výpočtu přístrojových bází z daného protokolu slouží atribut *PR\_IS\_USED\_YN*. Úpravou hodnoty tohoto atributu lze případně nevhodný protokol z výpočtu bází celý vyřadit bez nutnosti jeho smazání.

Význam dalších atributů všech tabulek je intuitivní, jejich stručný popis lze nalézt v příloze A tohoto dokumentu.

### Tvrzení o modelované realitě

O zjednodušené realitě, popisované navrženým modelem, lze mimo jiné prohlásit několik pranostik.

Některá tvrzení o modelu reality:

- Všechna absolutní měření v protokolu o absolutním měření probíhají na jednom místě (*T\_PLACE*) a vykonává je ten samý pracovník observatoře (*T\_EMPLOYEE*).
- Měření modulu vektoru geomagnetického pole  $F$ , který je měřen simultánně při měření deklinace a inklinace, probíhá v rámci jednoho absolutního měření na stejném místě (*T\_F\_PLACE*).



- Měření korekce modulu vektoru geomagnetického pole  $\Delta F$ , probíhá mezi místem (T\_F\_PLACE) a referenčním bodem (T\_PLACE). Tento předpoklad je implicitní.
- Měření modulu vektoru geomagnetického pole  $F$  (T\_F\_REF\_MEASUREMENT) probíhá v referenčním bodě (T\_PLACE). Tento předpoklad je implicitní.

### 5.1.2 Datový model pro výpočet bází

#### Ad hoc výpočet přístrojových bází

Na vektory přístrojových bází lze nahlížet jako na sekundárně vypočítané hodnoty, které jsou počítané z primárně získaných dat (referenčních hodnot a variací). K uchování výsledků, jenž jsou výpočtem závislé na primárních hodnotách a jsou počítány na aplikační úrovni, lze obecně zvolit několik hlavních metod jejich persistence.

Metody persistence pro data, která jsou počítána:

1. Samostatné ukládání vypočítaných hodnot.
2. Ukládání pouze primárních hodnot potřebných pro výpočet a provedení ad hoc výpočtu pro každý dotaz na výsledné hodnoty.
3. Ukládání primárních hodnot potřebných pro výpočet a současně vypočtených hodnot. Uložené vypočítané hodnoty je nutné vhodně synchronizovat v závislosti na změně primárních dat.

Každá z výše uvedených variant má své výhody a nevýhody. Volba varianty je závislá především na účelu a parametrech aplikace. V případě výpočtu přístrojových bází byla po zvážení zvolena varianta 2 z předchozího výčtu.

Hlavní výhodou této varianty je, že při každém dotazu jsou výsledky čerstvé, i když nastane změna primárních dat, a to bez složitého aplikačního řešení synchronizace.

Nevýhodou může být obecně vyšší konzumace výpočetních zdrojů. Toto se může projevit zvláště v případě složitých výpočtů (algoritmů) nebo mohutnějších vstupů. Tento problém by při výpočtu bází nastat neměl.

Při návrhu datového modelu pro podporu distribuce přístrojových bází bylo tedy vycházeno z předpokladu, že vektory přístrojových bází jsou při každém dotazu opětovně počítány. Výpočet je realizován za pomoci algoritmů pracujících na aplikační úrovni. Postup jejich výpočtu je definován vztahy v sekci 3.5.1. Pro zopakování uveďme primární data, která jsou potřebná pro výpočet přístrojových bází.

Primární data potřebná pro výpočet přístrojových bází:

- Referenční hodnoty složek vektorů geomagnetického pole.
- Hodnoty variací složek daného variometru.

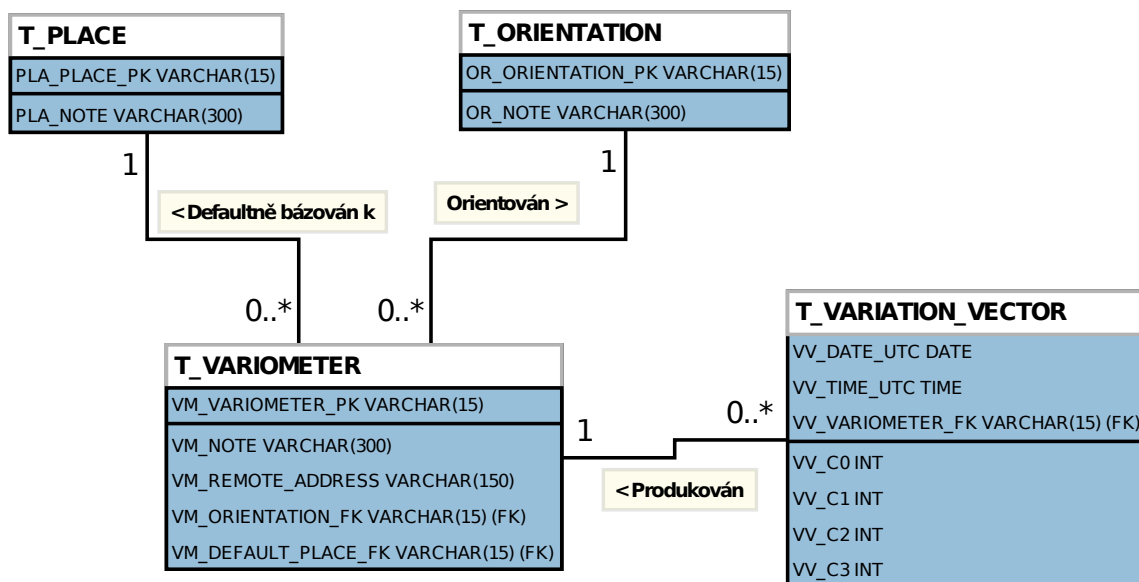
**Referenční hodnoty složek vektorů geomagnetického pole** lze aplikačně získat z protokolu o absolutním měření. Persistenci tohoto zdroje primárních dat tedy řeší předchozí sekce 5.1.1.

**Hodnoty variací složek daného variometru** jsou k dispozici ze vzdáleného systému (Variometer service), který zpřístupňuje vzdálené rozhraní k jednotlivým akvizičním variometrickým systémům (variometrům). Pokud by byl vzdálený systém poskytující vektory variací dotazován při každém dotazu na báze, mohl by být ad hoc výpočet přístrojových bází značně zpomalen. Při častém dotazování by pak docházelo ke zbytečnému vytěžování komunikačních kanálů mezi systémy.

Z výše zmíněných důvodů je vhodné datový model pro podporu výpočtu přístrojových bází doplnit o **mezipaměť (cache) vektorů variací**, která bude plněna potřebnými vektory variací ze vzdáleného systému. V ideálním případě bude tato cache naplněna pouze jednou. Nechť je tato cache také realizována formou relační databáze.

### Stručný popis datového modelu

Pro poskytování přístrojových bází byl navržen model, který je zobrazen na obrázku 5.2.



Obrázek 5.2: Datový model infrastruktury pro výpočet bází.

Z obrázku jsou patrné jednotlivé relace, jejich vzájemné vztahy a základní parametry těchto vztahů (kardinalita, parcialita/totalita).

Záznam v tabulce **T\_VARIOMETER** reprezentuje konkrétní variometrický systém (variometr). Mezi hlavní atributy této tabulky patří atribut *VM\_REMOTE\_ADDRESS*,

tento atribut uchovává URL (Uniform Resource Locator) vzdáleného systému poskytující vektory variací (Variometer service).

Jako výše diskutovaná cache variací slouží relace **T\_VARIATION\_VECTOR**. Tabulka obsahuje temporální atributy a dále atributy reprezentující jednotlivé složky vektoru variací příslušného variometru (označeno *VV\_Cx*).

Ze struktury tabulky je patrné, že realita kterou modeluje je poněkud zjednodušena. Je předpokládáno, že akviziční variometrický systém má nejvýše 4 složky. Toto platí pro nejběžnější používané orientace variometrů<sup>1</sup>. Z modelu dále není explicitně jasné jakým způsobem jsou jednotlivé složky vektoru variací, poskytované variometrem, namapovány na odpovídající atributy *VV\_Cx*. Toto bijektivní (vzájemně jednoznačné) zobrazení musí být tedy realizováno na aplikační úrovni podle orientace variometru.

Tabulka 5.3 stručně popisuje všechny entity, které se vyskytují v modelu zobrazeném na obrázku 5.2. Kompletní přehled jednotlivých atributů a jejich stručný popis lze nalézt v příloze A.

Název relace	Popis
T_ORIENTATION	Ukládá podporované orientace variometrických systémů.
T_VARIOMETER	Ukládá konkrétní variometrické systémy provádějící kontinuální akvizici.
T_VARIATION_VECTOR	Mezipaměť (cache) variací, ukládá vektory variací, které jsou potřebné pro výpočet přístrojových bází.
T_PLACE	Ukládá informace o observatořích, či jiných místech, kde může být prováděno absolutní měření. Shoduje se stejnojmennou tabulkou v tabulce 5.1.

Tabulka 5.3: Seznam relací pro podporu výpočtu bází.

## 5.2 Návrh HTTP API

Pojmy, které se vyskytují v této části, lze hlouběji pochopit z literatury [9] nebo [10]. Návrh popsany v následující sekci se řídí stěžejními myšlenkami služeb používající principy REST (Representational State Transfer) [10]. Rozhraní služby je popisováno s návazností na protokol HTTP (Hypertext Transfer Protocol) [9]. Popisovaný návrh zůstává ovšem dále nezávislý na programovacím jazyku, ve kterém bude nakonec implementován.

Sekce se zabývá návrhem modelu zdrojů. Tento model zdrojů definuje způsob, jakým bude probíhat interakce aplikace v roli klienta s aplikací v roli serveru.

Klíčovými částmi návrhu je identifikace zdrojů (resources) vystupujících v systému, přiřazení jednoznačné identifikační cesty (URL) každému zdroji a navržení vhodné datové reprezentace pro každý zdroj.

### Tvorba HTTP požadavku

Klientská aplikace oslovuje server pomocí standardních HTTP požadavků. Při do-

<sup>1</sup>Orientace HDZF - má složky {H,D,Z,F}; Orientace XYZF - má složky {X,Y,Z,F}

tazování na jednotlivé URL, a tedy k manipulaci s konkrétními zdroji jsou použity standardní metody HTTP protokolu (GET, POST, PUT, DELETE). Tělo HTTP požadavku by mělo obsahovat konkrétní datovou reprezentaci zdroje, pokud je dotaz veden pomocí metody POST nebo metody PUT.

### Tvorba HTTP odpovědi

Server na každý klientský požadavek odpovídá pomocí standardních HTTP odpovědí. Odpověď obsahuje standardní stavový kód (Status Code). Tělo odpovědi pak obsahuje datovou reprezentaci zdroje, na který byl veden HTTP požadavek. Datová reprezentace zdroje je přítomna v odpovědích na požadavky, které byly vedeny metodami GET, POST a PUT.

### Popis notace URL šablon

**Notace pro URL** je většinou uváděna ve formátu relativní cesty vztahující se k nějaké báze adrese. Báze adresa je závislá na konečném umístění (nasazení) aplikace, a proto není pro samotný návrh struktury URL důležitá, z toho důvodu je pro přehlednost a správnost v návrhu vynechána. Příklad, jakým způsobem může být uváděná relativní adresa transformována do konečné podoby, ukazuje tabulka 5.4.

Relativní adresa	Možná výsledná absolutní adresa po nasazení
/variometers	=> http://bdv.ig.cas.cz/magneticservis/variometers

Tabulka 5.4: Příklad možné transformace relativní adresy po nasazení.

**Notace pro variabilní segmenty URL.** Relativní adresy popisované v návrhu rozhraní se obvykle skládají z pevných a proměnných segmentů. Pevné segmenty pevně určují kostru adresy a v návrhu jsou uváděny klasickým písmem, například „ /pevný-segment“. Za variabilní segmenty je při použití dosazována proměnná hodnota a jsou uváděny ve složených závorkách, například „ /{variabilní-segment}“. Příklad adresy s pevným a variabilním segmentem a její možné transformace při použití ukazuje tabulka 5.5.

Obecně zapsaná adresa	Možné konkrétní použití adresy
/variometers/{id}	=> /variometers/canmos
	=> /variometers/gdas

Tabulka 5.5: Příklad adresy s pevným a proměnným segmentem.

### Temporální hodnoty (datum)

Pro některé zdroje je nutné poskytnout možnost filtrace podle data. Pro formát data lze obecně prohlásit, že jednotlivé časové elementy (rok, měsíc, den) jsou vyjádřeny pomocí čísla s pevným počtem digitů (číslic), ve výpisu jsou za sebou řazeny od nejdéle trvajících časového elementu po nejméně trvajícím časovému elementu. A jednotlivé časové elementy nejsou odděleny žádným oddělovacím znakem.

**Datum** je vyjadřované v pevném formátu **YYYYMMDD**.

Kde **YYYY** představuje rok, **MM** měsíc a **DD** den.

## 5.2.1 Základní zdroje

### Obecný popis

Základní zdroje jsou zdroje, které tvoří základní kameny systému a jsou vesměs nezávislé na ostatních zdrojích.

Základní zdroje systému:

- **Place** - Jde o zdroj, který odpovídá referenčnímu místu, kde se provádí absolutní měření.
- **Employee** - Jde o zdroj, který odpovídá pracovníku observatoře.
- **Mire** - Jde o zdroj, který odpovídá značce v terénu se známým geografickým azimutem, tak zvanému mire.
- **F-place** - Jde o zdroj, který odpovídá místu, kde se provádí skalární měření hodnoty vektoru geomagnetického pole, označovaného F.
- **F-source** - Jde o zdroj, který odpovídá přístroji poskytujícímu modul vektoru geomagnetického pole.
- **Orientation** - Jde o zdroj, který odpovídá orientaci variometru (HDZF, XYZF, ...).
- **Probe-position** - Jde o zdroj, který odpovídá některé z možných poloh sondy DI-Flux systému.
- **Role** - Jde o zdroj, který odpovídá autorizační roli v systému.

### Popis URL

K jednotlivým identifikovaným zdrojům je nutné přiřadit cestu, která je jednoznačně identifikuje a dále je nutné rozhodnout, jaké HTTP metody lze na danou cestu aplikovat. Pro elementární zdroje, které byly identifikovány bude uvedeno informativně a přehledově, lze přeskočit.

#### Zdroj: Place

Metoda	URL	Popis
GET	/places	Vrátí kolekci instancí zdroje place.
POST	/places	Vytvoří instanci zdroje place.
GET	/places/{id}	Vrátí instanci zdroje place daného id.
PUT	/places/{id}	Aktualizuje či vytvoří instanci zdroje „place“ daného id.
DELETE	/places/{id}	Smaže instanci zdroje place daného id.

### Zdroj: Employee

Metoda	URL	Popis
GET	/employees	Vrátí kolekci instancí zdroje employee.
POST	/employees	Vytvoří instanci zdroje employee.
GET	/employees/{id}	Vrátí instanci zdroje employee daného id.
PUT	/employees/{id}	Aktualizuje či vytvoří instanci zdroje employee daného id.
DELETE	/employees/{id}	Smaže instanci zdroje employee daného id.

### Zdroj: Mire

Metoda	URL	Popis
GET	/mires	Vrátí kolekci instancí zdroje mire.
POST	/mires	Vytvoří instanci zdroje mire.
GET	/mires/{id}	Vrátí instanci zdroje mire daného id.
PUT	/mires/{id}	Aktualizuje či vytvoří instanci zdroje mire daného id.
DELETE	/mires/{id}	Smaže instanci zdroje mire daného id.

### Zdroj: F-place

Metoda	URL	Popis
GET	/f-places	Vrátí kolekci instancí zdroje f-place.
POST	/f-places	Vytvoří instanci zdroje f-place.
GET	/f-places/{id}	Vrátí instanci zdroje f-place daného id.
PUT	/f-places/{id}	Aktualizuje či vytvoří instanci zdroje f-place daného id.
DELETE	/f-places/{id}	Smaže instanci zdroje f-place daného id.

### Zdroj: F-source

Metoda	URL	Popis
GET	/f-sources	Vrátí kolekci instancí zdroje f-source.
POST	/f-sources	Vytvoří instanci zdroje f-source.
GET	/f-sources/{id}	Vrátí instanci zdroje f-source daného id.
PUT	/f-sources/{id}	Aktualizuje či vytvoří instanci zdroje f-source daného id.
DELETE	/f-sources/{id}	Smaže instanci zdroje f-source daného id.

### Zdroj: Orientation

Metoda	URL	Popis
GET	/orientations	Vrátí kolekci instancí zdroje orientation.
GET	/orientations/{id}	Vrátí instanci zdroje orientation daného id.

### Zdroj: Probe-position

Metoda	URL	Popis
GET	/probe-positions	Vrátí kolekci instancí zdroje probe-position.
POST	/probe-positions	Vytvoří instanci zdroje probe-position.
GET	/probe-positions/{id}	Vrátí instanci zdroje probe-position daného id.
PUT	/probe-positions/{id}	Aktualizuje či vytvoří instanci zdroje probe-position daného id.
DELETE	/probe-positions/{id}	Smaže instanci zdroje probe-position daného id.

### Zdroj: Role

Metoda	URL	Popis
GET	/roles	Vrátí kolekci instancí zdroje role.

### Popis reprezentace

Všechny elementární zdroje jsou při komunikaci aplikace v roli serveru s aplikací v roli klient reprezentovány soubory ve formátu XML. Identifikátory (id) odpovídají unikátním identifikátorům v datovém úložišti<sup>2</sup>. Ukázky některých XML reprezentací lze nalézt na příloženém CD.

## 5.2.2 Zdroj protocol

### Obecný popis

Zdroj **protocol** je hlavním zdrojem subsystému správy protokolů. Jeho konkrétní výskyt představuje záznam o provedení série absolutních měření. Jedná se o kompozitní zdroj, to znamená zdroj, který obsahuje informace z jiných zdrojů. Obsahuje identifikátory (id) či celé reprezentace základních zdrojů.

### Popis URL

Metoda	URL	Popis	Filtrace
GET	/protocols	Vrátí kolekci protokolů.	?place={place-id} ?employee={employee-id} ?since={date} ?until={date}
POST	/protocols	Vytvoří protokol.	-
GET	/protocols/{id}	Vrátí protokol daného id.	-
PUT	/protocols/{id}	Aktualizuje či vytvoří protokol daného id.	-
DELETE	/protocols/{id}	Smaže protokol daného id.	-

<sup>2</sup>V tomto případě primárním klíčem odpovídajících databázových tabulek.

Význam URL a HTTP metod je zřejmý. Poskytují základní CRUD<sup>3</sup> operace pro protokoly o absolutních měření. Navíc je možné požádat o celou kolekci protokolů, jejíž mohutnost lze omezit kombinací volitelných filtrů.

Kolekci lze filtrovat pomocí místa (id zdroje place), na kterém byl protokol vytvořen, jako parametr filtru se místo složených závorek uvádí jedinečný identifikátor základního zdroje place. Podobně lze kolekci protokolů omezit podle pracovníka (id zdroje employee), který protokoly vytvořil. Dále je poskytnuta temporální filtrace podle data, kdy byl protokol vytvořen. Datum se do filtrů zadává ve formátu YYYYMMDD, jak bylo popsáno výše.

## Popis reprezentace

Reprezentace zdroje **protocol** má formu XML souboru. Informace v protokolu o absolutním měření mají silně strukturovaný charakter, který formálně vychází ze stejného ER modelu jako relační datový model, ve kterém je protokol na konec uložen. XML reprezentace musí tedy formálně odpovídat datovému modelu v sekci 5.1.1. Strukturu XML reprezentace protokolu o absolutním měření naznačuje obrázek 5.3.

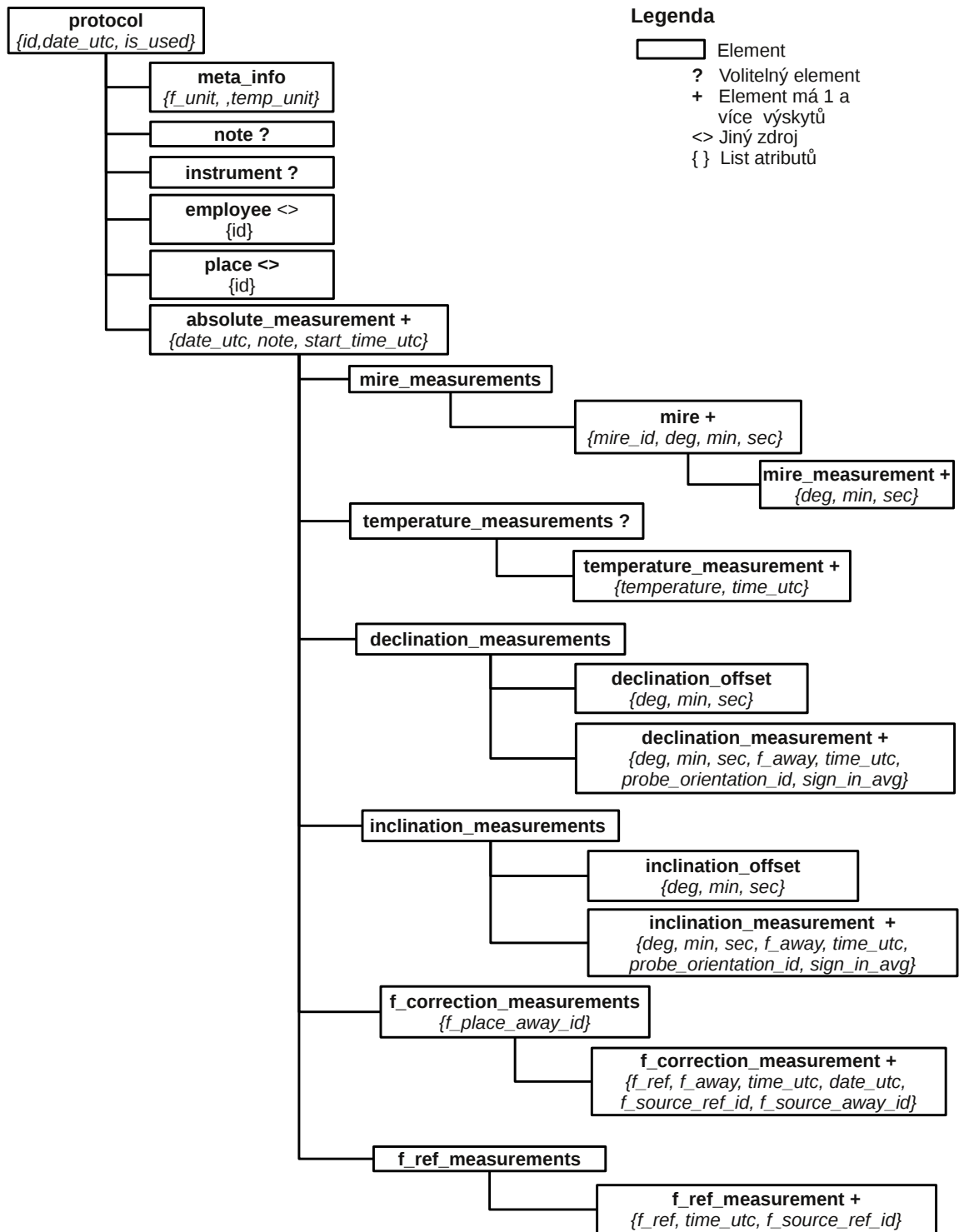
XML dokument, který je použit pro reprezentaci tohoto zdroje, byl navržen tak, aby nesloužil pouze ke komunikaci aplikace v roli klienta s aplikací v roli serveru, ale je také vhodný k samotnému ukládání například v souborovém systému za účelem zálohování a archivace. XML dokument obsahuje veškerou nosnou informaci, která je potřebná k eventuální rekonstrukci stavu prostředí v průběhu absolutních měření.

Ježto reprezentace tohoto zdroje je poměrně důležitá, je v příloze B uvedeno jeho XSD schéma.

---

<sup>3</sup>CRUD (Create, Read, Update, Delete), jedná se o základní operace s datovým úložištěm.





Obrázek 5.3: Schématická struktura XML reprezentace zdroje protocol.

## 5.2.3 Zdroj reference values

### Obecný popis

Zdroj **reference values** představuje referenční hodnoty získané absolutním měřením. Tyto referenční hodnoty přímo vycházejí z protokolu o měření. Avšak na rozdíl od zdroje **protocol**, který je určen primárně pro poskytnutí informace o celém měření, tento zdroj již poskytuje přímo informaci o velikosti složek vektoru na místě, kde bylo prováděno absolutní měření. Zdroj je tedy pouze extraktem, který vychází z protokolu o absolutním měření.

Hlavní motivací k zavedení tohoto zdroje je možnost přímého poskytnutí referenčních hodnot složek vektoru geomagnetického pole jako vstup pro případný externí výpočet přístrojových bází, a to bez toho aby byl klient obtěžován množstvím metainformací, které obsahuje celý protokol o absolutním měření.

Zdroj je určen pouze pro čtení a nelze jej přímo editovat, editovat jej lze pouze nepřímo přes editaci konkrétního zdroje **protocol**, jehož je extraktem.

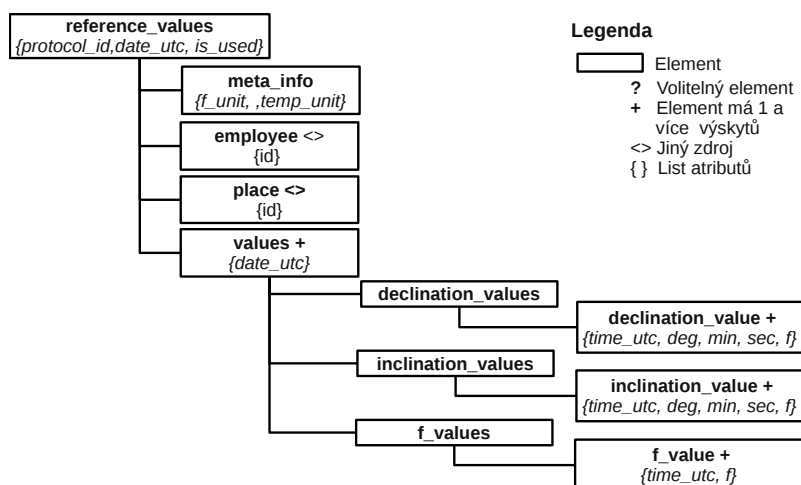
### Popis URL

Metoda	URL	Filtrace
GET	/places/{id}/reference-values	?employee={employee-id} ?since={date} ?until={date}

Filtrace je možná podle data, které odpovídá datu vytvoření protokolu, ze kterého referenční hodnoty vychází. Dále podle identifikátoru zaměstnance, který protokol vytvořil.

### Popis reprezentace

Reprezentace zdroje **reference values** má formu XML souboru. Schéma XML reprezentace naznačuje obrázek 5.4.



Obrázek 5.4: Schématická struktura XML reprezentace zdroje reference values.

## 5.2.4 Zdroj variometer

### Obecný popis

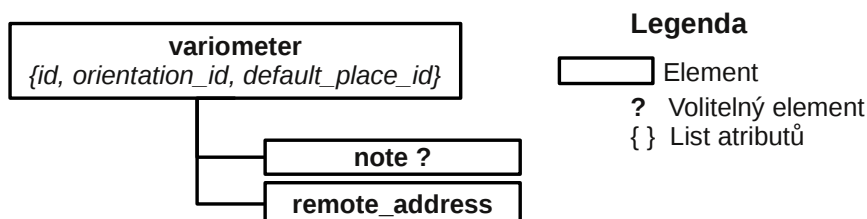
Zdroj **variometer** vyjadřuje akviziční variometrický systém, jehož přístrojové báze jsou počítány. Jedná se o kompozitní zdroj, který je závislý na elementárním zdroji **orientation**, jenž symbolizuje jeho orientaci (HDZF, XYZF, ...). Dále je závislý na zdroji **place**, jenž symbolizuje výchozí místo, ke kterému je variometer bázován.

### Popis URL

Metoda	URL	Popis
GET	/variometers	Vrátí kolekci instancí zdroje variometer.
POST	/variometers	Vytvoří instanci zdroje variometer.
GET	/variometers/{id}	Vrátí instanci zdroje variometer daného id.
PUT	/variometers/{id}	Aktualizuje či vytvoří instanci zdroje variometer daného id.
DELETE	/variometers/{id}	Smaže instanci zdroje variometer daného id.

### Popis reprezentace

Zdroj je reprezentován v XML, jehož strukturu naznačuje obrázek 5.5.



Obrázek 5.5: Schématická struktura XML reprezentace zdroje variometer.

## 5.2.5 Zdroj variations

### Obecný popis

Instance zdroje **variations** reprezentují hodnoty, které jsou uloženy v mezipaměti variací. Tyto hodnoty jsou používány jako primární data pro výpočet bází.

### Popis URL

Metoda	URL	Filtrace
GET	/variometers/{id}/variations	?since={date} ?until={date}
DELETE	/variometers/{id}/variations	?since={date} ?until={date}
PUT	/variometers/{id}/variations	-

V tomto případě je možné dotazovat pouze celé kolekce variací. Dotazované kolekce je možné omezit pomocí temporálních filtrů.

### Popis reprezentace

Pro reprezentaci zdroje je použit základní textový formát, jehož struktura je uvedena v tabulce 5.6.

První řádka tvoří hlavičku, kde místo „vX“ hodnot je označení konkrétních složek orientace variometru, ke kterému variace patří. Například pro variometr v orientaci HDZF mohou být komponenty přepsány následovně: v1->vh, v2->vd, v3->vz, v4->vf a podobně.

Druhá a další řádky nesou již samotné číselné hodnoty. Jednotlivé prvky jsou odděleny mezerou. Temporální hodnoty jsou uváděny podle vzoru. Hodnoty jednotlivých variací jsou celá čísla v jednotkách [pT]. Složené závorky jsou samozřejmě vynechány.

year	day	time	v1	v2	v3	v4
{YYYY}	{DDD}	{hh:mm:ss}	{x}	{x}	{x}	{x}
{YYYY}	{DDD}	{hh:mm:ss}	{x}	{x}	{x}	{x}
{YYYY}	{DDD}	{hh:mm:ss}	{x}	{x}	{x}	{x}
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...

Tabulka 5.6: Ukázka TXT reprezentace zdroje variations.

## 5.2.6 Zdroj baselines

### Obecný popis

Zdroj **baselines** je hlavní zdroj, který umožní produkci kvazi-definitivních dat. Účelem je poskytnout přístrojové báze. Po dotazu na instance tohoto zdroje se provede ad hoc výpočet bází. Zdroj je určen pouze pro čtení, nelze jen editovat přímo. Nepřímo ho lze změnit, změnou konkrétního zdroje **protocol**, ze kterého vycházejí referenční hodnoty pro výpočet a nebo změnou hodnot variací v cache variací pomocí zdroje **variations**.

### Popis URL

Metoda	URL	Filtrace
GET	/variometers/{id}/baselines	?place={place-id} ?employee={employee-id} ?since={date} ?until={date} ?type={type}

Báze je možné filtrovat podle identifikátoru místa (zdroj place), tímto se provede výpočet bází vůči jinému místu, než je defaultní místo zdroje **variometer**. Další možná filtrace je podle identifikátoru zaměstnance (zdroj employee), který zhotovil protokol o absolutním měření, jenž poskytl referenční hodnoty pro výpočet. Samozřejmě možností filtrace je filtrace temporální. Filtr „type“ může nabývat dvou hodnot. Hodnoty „a“ (aggregated), v tom případě jsou klientovi poskytnuty agregované báze odpovídající sérii absolutních měření (jedna průměrná báze za celý protokol), dále může nabývat hodnoty „s“ (simple), v tom případě jsou klientovi poskytnuty všechny báze odpovídající konkrétním absolutním měřením.

## Popis reprezentace

Zdroj je reprezentován ve formě TXT, viz tabulka 5.7. Důvodem volby této reprezentace je, že zdroj je pouze marginálně strukturovaný a hlavně výstup musí být ve formě, která je jednoduše zpracovatelná matematicko-statistickými programy typu matlab a spreadsheet. Další motivací navržené struktury je její snadná konverze do formátu IBFV2.00 [1], ve kterém se báze reportují.

variometer_id={id}; place_id={place-id}										
year	day	b1	b2	b3	b4	s1	s2	s3	s4	n
{YYYY}	{DDD}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}
{YYYY}	{DDD}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}
{YYYY}	{DDD}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}	{x}
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Tabulka 5.7: Ukázka TXT reprezentace zdroje baselines.

První řádka textové reprezentace je informativní, poskytuje informaci o variometru a místu, kterému báze odpovídají.

Druhá řádka tvoří záhlaví samotných dat. V „bX“ a „sX“ jsou hodnoty „X“ nahrazeny názvy složek, podobně jako je popsáno u reprezentace zdroje **variations**.

Třetí a další řádky nesou již samotné hodnoty. Pod hlavičkou „bX“ se nachází hodnoty přístrojových bází. Pod hlavičkou „sX“ jsou hodnoty výběrových směrodatných odchylek k odpovídajícím bázím, jejichž výpočet je uveden v sekci 3.5.2. Pod hlavičkou „n“ je celé číslo, které symbolizuje počet bází, z kterých byla počítána výsledná báze.

Hodnoty složek magnetické indukce jsou v jednotkách [nT] a jsou uvedeny na dvě desetinná místa. Úhlové hodnoty jsou v úhlových minutách a jsou také uvedeny na dvě desetinná místa.

*Poznámka:*

*Nechť jsou nové řádky TXT reprezentací uvozeny například znaky <CR><LF>.*

# Kapitola 6

## Popis implementace serverové části

Tato kapitola stručně popisuje implementaci prototypu servisní části navrženého řešení (Magnetic service). Následující kapitola je na rozdíl od předchozích vázána na zcela konkrétní technologie a programovací jazyk. Proto lze tuto kapitolu považovat na nejméně časově stálou.

Pro implementaci návrhu byla zvolena platforma **Java SE**.

### 6.1 Použité Java technologie

Jádrem implementace servisní aplikace je několik hlavních Java technologií. Princip použitých technologií zde bude velmi zjednodušeně popsán. Detailní popis nalezne čtenář v odkazovaných dokumentech.

Hlavní použité Java technologie:

- JAX-RS 2.0 - Java API for RESTful Web Services,
- JAXB 2.0 - Java Architecture for XML Binding,
- JPA 2.0 - Java Persistence Api verze 2.0.

#### JAXB

Tato Java technologie je použita pro zpracování XML souborů, které reprezentují jednotlivé zdroje popsané v sekci 5.2 předchozí kapitoly. Technologie je popsána **JSR-222** (Java Specification Request). Bližší informace lze získat například v literatuře [24].

Popisovaná implementace navrženého řešení používá pouze podmnožinu služeb, které JAXB nabízí.

Hlavní použité služby:

- **Unmarshalling** (deserializace) XML dokumentů do objektového grafu Java.
- **Marshalling** (serializace) objektového grafu Java do XML dokumentů.

Principem technologie JAXB je realizace mapování XML dokumentu na instance Java tříd a naopak. Je-li přijat XML dokument, je pomocí JAXB proveden jeho **unmarshalling** (deserializace), výstupem unmarshallingu je objektová struktura vzájemně propojených instancí Java tříd, které odpovídají struktuře XML dokumentu.

Pro převod instancí tříd do XML dokumentu je použit JAXB **marshalling** (serializace). Vstupem pro marshalling je stromová struktura Java tříd a výstupem je XML dokument.

Marshalling a unmarshalling mezi XML dokumentem a objektovým grafem v Java je prováděn podle anotací, které jsou přidány do definic Java tříd.

## JPA

Pro práci s relační databází je použito objektově relační mapování, které poskytuje technologie JPA. Technologie je popsána **JSR-317** (Java Specification Request).

Obecně lze říci, že objektově relační mapování odstiňuje programátora od přímé práce s databázovými tabulkami. Místo s tabulkami pracuje s instancemi tzv. entitních tříd. Práce s instancemi entitních tříd lze promítnout do záznamu v databázové tabulce.

Entitní třída je mapována na databázovou tabulku pomocí anotací, které obsahuje její definice. Na entitní třídy jsou kladeny další speciální požadavky. Bližší informace lze získat například v literatuře [18].

## JAX-RS

Slouží k realizaci webových služeb založených na principech architektury REST. Využívá protokol HTTP. Jednotlivé HTTP požadavky mapuje na odpovídající metody Java tříd pomocí Java anotací. Technologie je popsána **JSR-339** (Java Specification Request). Bližší informace lze získat například v literatuře [23].

## 6.2 Java SE platforma pro Magnetic service

Implementace prototypu servisní části navrženého řešení (Magnetic service) byla provedena na serverové platformě založené na **Java SE**. Platforma byla vytvořena speciálně pro tento účel a jedná se o kompaktní Java SE řešení.

Platforma je založená na následujících open source komponentách. Tyto komponenty a jejich závislosti jsou přidány k programové logice jako externí knihovny JAR.

### Implementace JAX-RS

Pro vývoj HTTP API byla použita referenční implementace JAX-RS, Jersey<sup>1</sup>. Použitá verze Jersey 2.4.1.

### HTTP Server

Jako HTTP server byl použit Grizzly<sup>2</sup> framework. Jedná se o HTTP framework, který v naší aplikaci poskytuje služby embedded HTTP serveru. Použitá verze 2.3.6.

---

<sup>1</sup><https://jersey.java.net/>

<sup>2</sup><https://grizzly.java.net/>

## Relační databáze

Jako relační databáze byla použita Derby DB<sup>3</sup>. Použitá verze 10.10.1.1. Jedná se o relační databázi, která je vyvinuta v programovacím jazyku Java. V naší aplikaci je použita v embedded módu. V tomto módu se databáze automaticky spouští s aplikací. Po spuštění nemůže k databázi přistupovat jiná aplikace. Není možný ani síťový přístup. Databáze ukládá potřebná data do lokálního souborového systému.

## Implementace JPA

Pro přístup k relační databázi pomocí JPA byla zvolena implementace EclipseLink<sup>4</sup>. Použitá verze 2.5.1.

Aplikaci i s přídatnými knihovnami včetně obsahu databáze lze jednoduše distribuovat prostým překopírováním hlavní složky aplikace. Celou platformu pak lze spustit pouhým spuštěním hlavního JAR souboru. Řešení vyniká tedy především v jednoduchosti uživatelského použití.

Krátký exkurz do vlastností použité Java SE platformy poskytuje stručně následující výčet.

Některé vlastnosti použité platformy:

- Lze spustit na každém zařízení, na kterém je nainstalována Java SE 6 a vyšší.
- Celková velikost implementace i s přidávanými knihovnami dosahuje přibližně 18 MB.
- Díky embedded databázi lze jednoduše kopírovat aplikaci i s daty.
- Embedded databázi není prakticky nutno externě spravovat.
- Pro malé zatížení prakticky nepotřebuje externí konfiguraci.
- Snadné použití v roli lokálního serveru, ...

Hlavním důvod implementace založené na této platformě je snadnost použití s minimem konfigurace. Implementace bude v případě budoucího nasazení používána především středně pokročilými uživateli klasických počítačových programů, proto je jednoduchost použití jedním z klíčových parametrů hrajících právě pro tuto volbu.

**Java SE** byla vybrána především kvůli jisté míře nezávislosti na použitém operačním systému, ve kterém je spuštěna.

---

<sup>3</sup><http://db.apache.org/derby/>

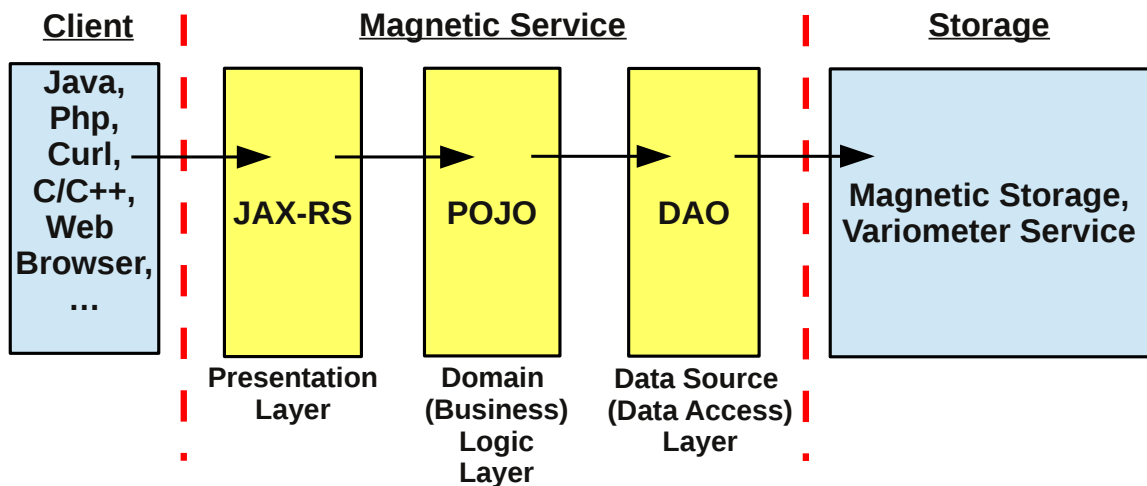
<sup>4</sup><http://www.eclipse.org/eclipselink/>



## 6.3 Vybrané implementace

Tato část konkrétněji popisuje některé stěžejní myšlenky implementace. Byly použity znalosti nabyté především v literatuře [3], [5], [8] a [19].

### 6.3.1 Logická struktura aplikace



Obrázek 6.1: Logická organizace vrstev aplikace.

Obrázek 6.1 ukazuje organizaci jednotlivých vrstev aplikace Magnetic service. Aplikace se skládá ze tří obecných logických vrstev.

Tři logické vrstvy:

- Prezentační vrstva (presentation layer).
- Vrstva doménové logiky (domain logic layer).
- Vrstva přístupu k datovým zdrojům (data source layer).

**Prezentační vrstva** zprostředkovává interakce mezi uživatelem a systémem. Prezentační vrstva je v tomto případě tvořena množinou tříd, které jsou anotovány pomocí anotací zavedených v JAX-RS. Vrstva dekoduje HTTP požadavek a synchronně ho deleguje dále. Po vykonání patřičných operací prezentační vrstva vytvoří HTTP odpověď.

**Vrstva doménové logiky** je tvořena s použitím procedurálního designu (transakční skript [19]). Jedná se o množinu POJO (Plain Old Java Object), které poskytují metody pro každý požadavek, jenž může přijít z prezentační vrstvy. Tímto je celá logika aplikace centralizovaná do několika málo poměrně „velkých“ tříd. Tento přístup byl zvolen především kvůli přímosti jeho použití a relativní jednoduchosti doménové logiky.

**Vrstva přístupu k datům** je navržena pomocí DAO (Data Access Object) vzoru. Tato vrstva poskytuje doménové logice rozhraní pro přístup k požadovaným

datům. V tomto případě se jedná o data uložená v relační databázi (Magnetic storage) a data, která poskytuje vzdálený systém (Variation service). Vrstva je detailněji popsána dále.

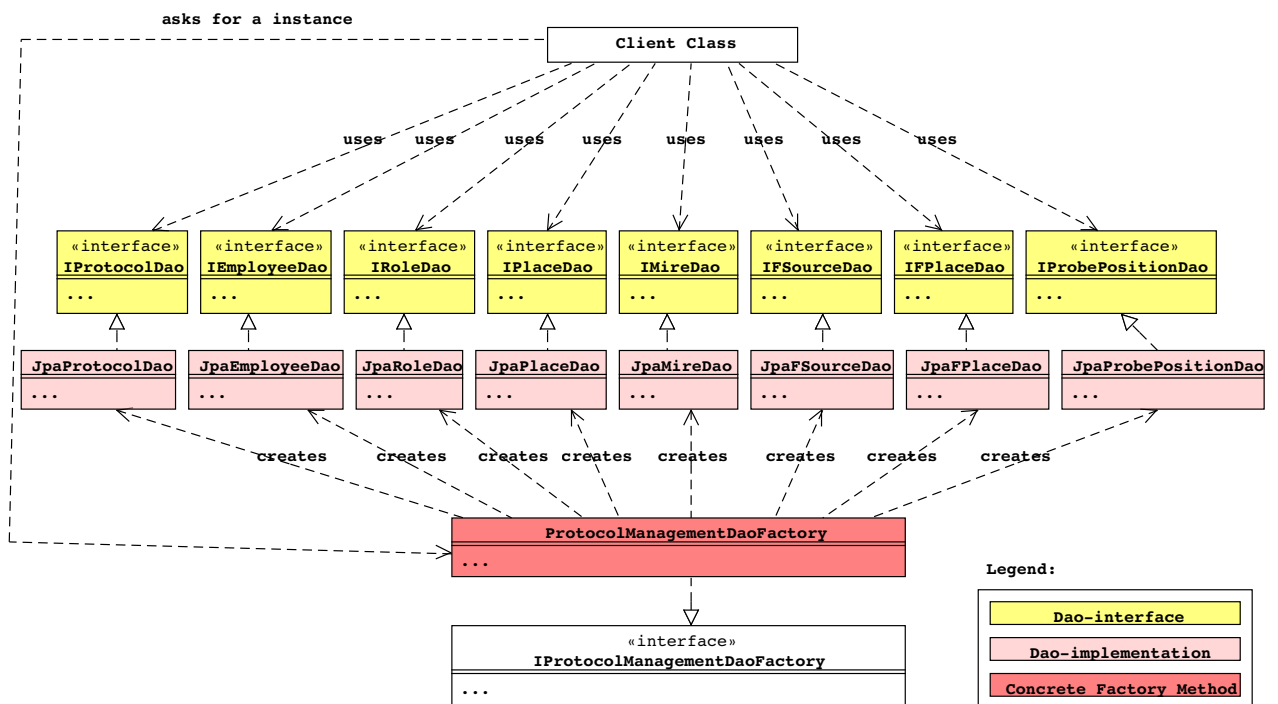
Princip **zpracování klientského požadavku** je pak poměrně triviální. Klientský požadavek na zdroj (resource) je zachycen prezentační vrstvou. Prezentační vrstva se po zachycení požadavku dotáže vrstvy doménové logiky. Doménová logika provede operace, které jsou potřebné k úspěšnému zpracování požadavku. Při zpracování požadavku používá pro přístup k datovým zdrojům vrstvu přístupu k datovým zdrojům. Po zpracování požadavku vrací vrstva doménové logiky výsledek prezentační vrstvě. Prezentační vrstva vytvoří HTTP odpověď a předá jí klientovi.

### 6.3.2 Implementace vrstvy přístupu k datům

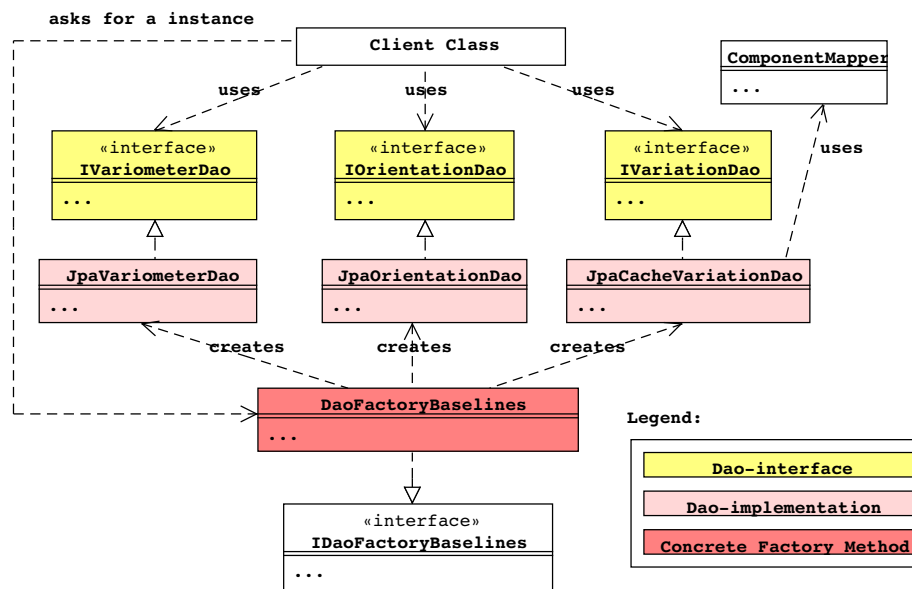
V aplikaci se vyskytuje několik typů datových úložišť (embedded databáze, vzdálená služba poskytující variace). Je možné, že typ úložišť bude v nějaké budoucí implementaci změněn, proto je výhodné přístup k datovým úložištím abstrahovat. Pro abstrakci přístupu k perzistentním datům (relační databáze, vzdálená služba, ...) byl použit návrhový vzor „Data access object“ (DAO), viz [5]. Tento vzor byl doplněn o návrhový vzor „Factory method“, viz [8].

Klientské třídy v aplikaci, které vyžadují přístup k perzistentním datům, realizují tento přístup výhradně pomocí DAO. Toto umožní v budoucnu poměrně jednoduchý přechod na jiný typ úložiště. Lze například lehce nahradit vzdálené úložiště variací lokální souborovou strukturou, a to bez drastické změny kódu.

Schéma DAO pro podsystém správy protokolů o měření ukazuje obrázek 6.2. Schéma DAO pro podsystém pro výpočet přístrojových bází ukazuje obrázek 6.3



Obrázek 6.2: Schéma abstraktního přístupu k datovým zdrojům - správa protokolů.



Obrázek 6.3: Schéma abstraktního přístupu k datovým zdrojům - výpočet bází.

Dao rozhraní (interface) nabízí obecné metody pro manipulaci s datovými zdroji. Konkrétní DAO implementace realizují toto rozhraní, přistupují k relační embedded databázi (Magnetic storage) pomocí JPA (Java Persistence Api).

Implementace **JpaCacheVariationDao** navíc při dotazu na vektor variací provede synchronizaci vnitřní mezipaměti variací se vzdáleným systémem poskytující variace jednotlivých magnetometrů (Variometer service).

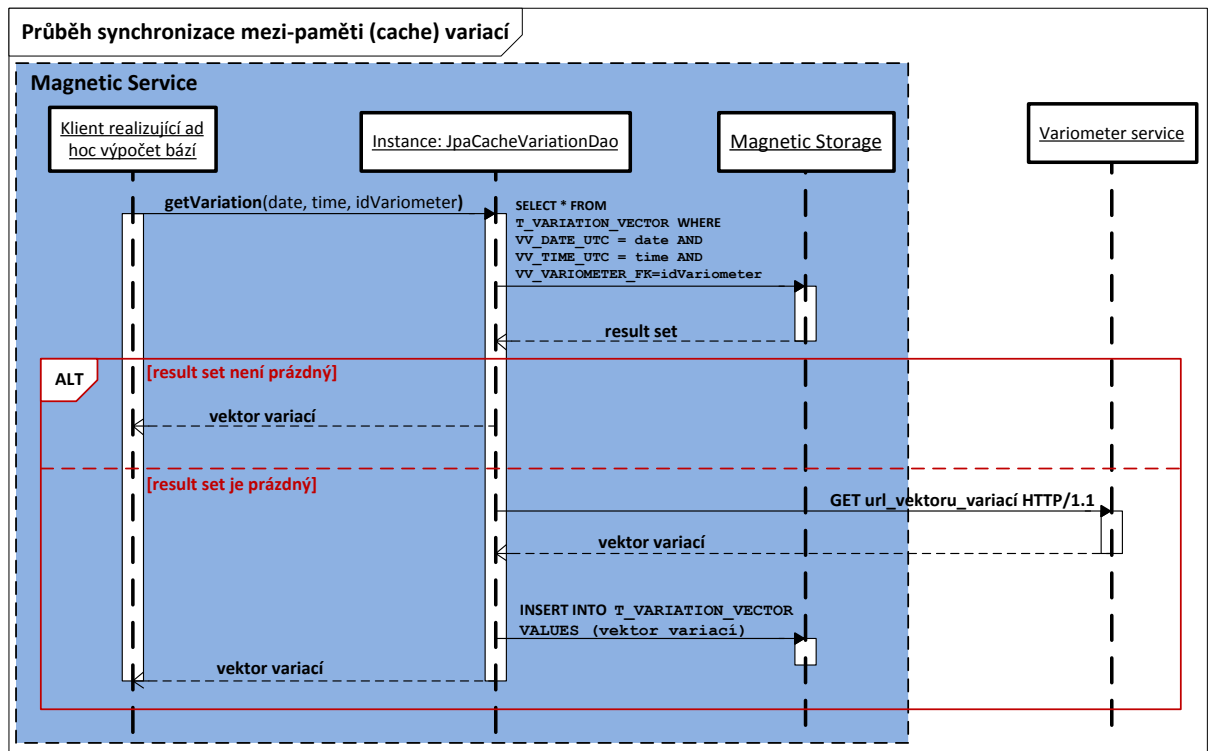
### Synchronizace mezipaměti (cache) variací se vzdáleným systémem

Synchronizaci mezipaměti variací provádí pro klientskou třídu při dotazu na konkrétní vektor variací zcela transparentně **JpaCacheVariationDao**. Je nutné připomenout, že cache vektoru variací je realizována pomocí databázové tabulky *T\_VARIATION\_VECTOR* z datového modelu zobrazeného na obrázku 5.2.

Průběh úspěšného scénáře synchronizace mezipaměti variací zobrazuje sekvenční diagram na obrázku 6.4. Připomeňme, že diagram čteme od shora.

Instance objektu třídy z vrstvy doménové logiky (ta jenž provádí výpočet bází), která již drží odkaz na **JpaCacheVariationDao** se při výpočtu dotáže metodou **getVariation(...)** na hodnotu požadovaného vektoru variací. Pokud se vektor datových parametrů nachází v databázi (Magnetic storage) je okamžitě vrácen. Pokud se v databázi nenachází, je proveden dotaz na vzdálený systém (Variometer service), vektor je uložen do lokální databáze a vrácen instanci klientské třídy. Při příštím dotazu je již k dispozici a není potřeba vzdálená synchronizace. Poznamenejme, že synchronizace se vzdáleným systémem se tedy provádí v ideálním případě <sup>5</sup> pouze jednou.

<sup>5</sup>Může nastat případ, kdy je vektor variací z cache záměrně smazán, pak dochází k opětovné synchronizaci.



Obrázek 6.4: Průběh synchronizace mezipaměti variací.

### 6.3.3 Implementace výpočtu bází

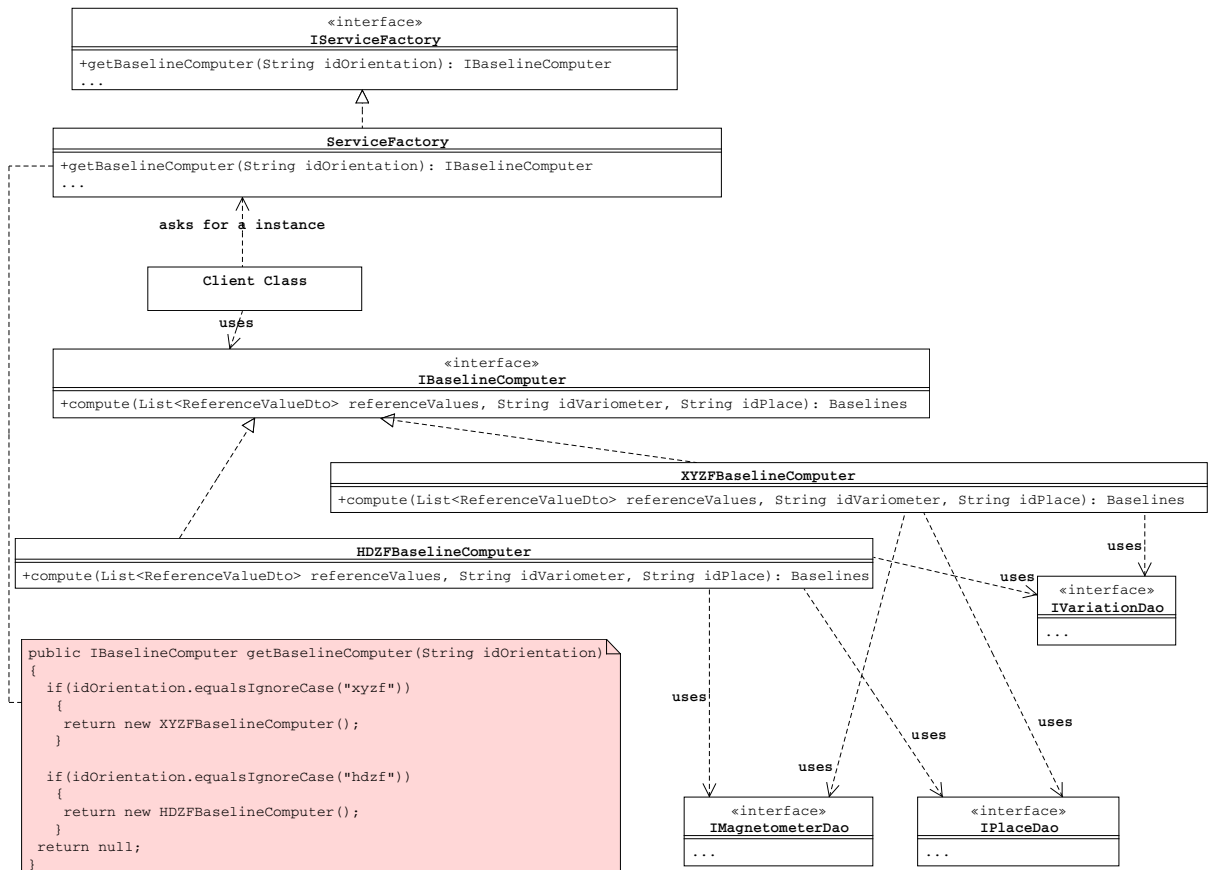
Způsob jakým je realizován výpočet bází staticky zobrazuje class diagram na obrázku 6.5.

Rozhraní **IBaselineComputer** deklaruje metodu **compute(...)**, metoda vrací instanci třídy reprezentující vypočítané báze a její vstupní parametry jsou referenční hodnoty pole, identifikátor variometru (pro který jsou báze počítány) a identifikátor místa odkud pocházejí referenční hodnoty pole.

Rozhraní pro výpočet bází implementují třídy **HDZFBaselineComputer** a **XYZFBaselineComputer**, v těchto třídách je realizován výpočet bází pro danou orientaci podle vztahů uvedených v sekci 3.5.1 této publikace.

Pro získání konkrétní instance třídy implementující rozhraní **IBaselineComputer** je použit návrhový vzor „Factory method“, viz [8]. Klientský objekt nejprve požádá tovární metodu o instanci konkrétní implementace, tovární metoda rozhodne o tvorbě a předání vhodného „výpočtáře“ podle orientace variometru. Klientská instance zavolá na vráceném objektu metodu **compute(...)**.

Konkrétní výpočet je pro klientský objekt plně transparentní, jelikož klientský objekt je závislý pouze na rozhraní **IBaselineComputer**.



Obrázek 6.5: Class diagram pro výpočet bází.

### 6.3.4 Rozšiřování systému o nové variometry

Následující řádky pojednávají, jakým způsobem lze implementovaný systém (Magnetic service) rozšiřovat o nové variometry. Přidávání variometrů může probíhat poměrně jednoduše na uživatelské úrovni až po změnu databázového schématu. Míra složitosti rozšiřování systému o nový variometr se odvíjí především od parametrů jeho orientace a pokročilosti implementace.

#### Variometr s již implementovanou orientací

Rozšíření variometru o systém, pro jehož orientaci byl výpočet již implementován, je v podstatě triviálním úkolem. Tento úkol spočívá ve vyvolání HTTP požadavku (request) s HTTP metodou POST, tělo HTTP požadavku (request) musí obsahovat XML reprezentaci daného variometru, jak popisuje část 5.2.4 toho dokumentu.

Pro lepší představu uveďme příklad. Předpokládejme, že existuje implementace výpočtu bází pro HDZF orientaci variometru. Nový variometr, který je takto orientován nahrajeme do systému například následujícím HTTP požadavkem.

Příklad HTTP požadavku pro vytvoření nového variometru:

```
POST /variometers/ HTTP/1.1
User-Agent: curl/7.28.1
Host: localhost:8080
Accept: */*
Content-Type: application/xml
Content-Length: 194

<variometer id="newdas" orientation_id="hdzf" default_place_id="bdv">
  <note> Anglicky system ve sklepe </note>
  <remote_address>http://bud.ig.cas.cz/newdas/secd/</remote_address>
</variometer>
```

Příklad HTTP odpovědi po úspěšném vytvoření nového variometru:

```
HTTP/1.1 201 Created
Content-Type: application/xml
Date: Tue, 17 Dec 2013 18:56:44 GMT
Content-Length: 338

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<variometer id="newdas" orientation_id="hdzf" default_place_id="bdv">
<note> Anglicky system ve sklepe </note>
<link rel="self" href="http://localhost:8080/variometers/newdas" type="application/
xml"/>
<remote_address>http://bud.ig.cas.cz/newdas/secd/</remote_address>
</variometer>
```

Nyní nový variometr existuje i v rámci tohoto systému (Magnetic service). Lze se již například dotazovat na jeho báze. Dotaz na báze je veden pomocí HTTP metody GET na příslušnou URL, jak popisuje sekce 5.2.6 tohoto dokumentu. Tento dotaz může být proveden například prostým zadáním URL adresy do webového prohlížeče.

Příklad adresy pro dotaz na báze nově přidaného variometru:

```
http://localhost:8080/variometers/newdas/baselines?since=20100101&until=20120101
```

## Variometr s neimplementovanou orientací

Pokud je nutné do systému přidat variometr, jehož orientaci systém ještě nepodporuje, je třeba systém prve rozšířit o tuto orientaci. Toto se již neobejde minimálně bez zásahu do kódu aplikace. Jak velký bude zásah se odvíjí od počtu složek, kterými je daná orientace určena. Podle počtu složek pak nově přidávané orientace lze rozdělit do dvou skupin.

Rozdělení neimplementovaných orientací podle počtu složek:

- Orientace, mající počet složek  $n > 4$ .
- Orientace, mající počet složek  $n \leq 4$ .

Pokud má nová orientace počet složek  $n > 4$ , jedná se o nejobtížnější případ, ježto je nutný zásah do databázového schématu. Konkrétně je nutné upravit tabulku  $T\_VARIATION\_VECTOR$ . Úprava spočívá v přidání patričného množství

atributů, které reprezentují složky vektoru variací tak, aby jejich počet odpovídal minimálně maximálnímu počtu složek nově přidávaných orientací.

Pokud již byla tabulka *T\_VARIATION\_VECTOR* rozšířena na potřebný počet složek, či pokud má nová orientace počet složek  $n \leq 4$ , řídí se přidání variometru nové orientace podle následujících kroků.

Kroky k rozšíření systému o novou orientaci:

- Úprava výčtových typů (Enum).
- Úprava mapování složek orientace.
- Implementace rozhraní **IBaselineComputer**.
- Úprava factory method.
- Uložení nové orientace do databáze.

**Úprava výčtových typů (Enum)** spočívá v rozšíření výčtů o ještě neexistující složky nové orientace (ComponentOrientationEnum), dále o označení orientace samotné (VariometerOrientationEnum).

**Úprava mapování složek orientace.** Jak již bylo naznačeno v části 5.1.2 tohoto dokumentu, v datovém modelu není z tabulky *T\_VARIATION\_VECTOR* explicitně jasné, jak jsou její atributy mapovány na jednotlivé komponenty dané orientace. Toto mapování je zajištěno ve třídě ComponentMapper. Tuto třídu je třeba upravit.

**Implementace rozhraní IBaselineComputer**, jak bylo popsáno v části 6.3.3 tohoto dokumentu. Implementace tohoto rozhraní musí obsahovat logiku výpočtu bází pro přidávanou orientaci variometru.

Dále je nutné provést úpravu tovární metody **getBaselineComputer(...)**, jak lze vytušit z obrázku 6.5.

Posledním krokem je uložení příslušné orientace do databáze (tabulka *T\_ORIENTATION*), toto lze provést ve třídě **Initializer**, která se stará o inicializaci potřebných parametrů při každém spuštění aplikace.

Po provedení výše zmíněných úprav, systém již novou orientaci variometru podporuje a přidání nového variometru se řídí podle kroků prezentovaných dříve pod nadpisem „Variometr s již implementovanou orientací“.

# Kapitola 7

## Komplexní testy navrženého řešení

Celé navržené řešení bylo podrobena komplexním testům. Tyto testy jsou prezentovány právě v této kapitole.

### 7.1 Zajištění magnetické čistoty na místě měření

Prostředí, ve kterém probíhá absolutní měření, by mělo být prosté od externích magnetických vlivů, které mohou měření znehodnotit. V absolutním pavilonu<sup>1</sup> by měla být zajištěna dostatečná „magnetická čistota“.

Řešení, které bylo navrženo, předpokládá vznik elektronického protokolu, který popisuje průběh absolutního měření. Po vyhotovení je protokol nahrán do servisní aplikace. Protokol tedy logicky vzniká na elektronickém zařízení. Z konvenční elektroniky (rok 2013 n. l.) to může být například **notebook** nebo **tablet**. Každé takové zařízení je potenciálním zdrojem nechtěného, kontaminujícího magnetického pole, které může způsobit hrubé chyby a celé absolutní měření tak znehodnotit.

Úkolem zde popsaných experimentů je kvalitativní posouzení praktické nasaditelnosti moderních elektronických zařízení přímo při absolutním měření a případné posouzení, za jakých podmínek se dají tato zařízení přímo při absolutním měření používat. Experimenty jsou prováděny pro získání řádové představy. Nejedná se tedy o precizní měření.

Použité znalosti jsou čerpány především z literatury [6], [11], [21].

#### 7.1.1 Posuzování míry magnetické kontaminace

Předpokládejme, že vnesené zařízení lze aproximovat **magnetickým dipólem**. Zařízení má z makroskopického hlediska nenulový **magnetický moment** a je zdrojem nevítaného, cizího magnetického pole. V místě, kde je prováděno absolutní měření, je namísto požadovaného vektoru geomagnetického pole měřen vektor magnetického pole podle vztahu 7.1.

$$\vec{B}_M = \vec{F} + \vec{B}_C, \quad (7.1)$$

---

<sup>1</sup>Budova, kde probíhá absolutní měření. Je v ní umístěn centrální pilířek observatoře. Z budovy je výhled na značku se známým geografickým azimutem „mire“.



kde  $\vec{B}_M$  představuje hodnotu vektoru magnetické indukce v místě měření,  $\vec{F}$  označuje vektor geomagnetického pole v místě měření. A konečně  $\vec{B}_C$  reprezentuje projev nevídaného magnetického pole (kontaminujícího), které je vyvoláno vneseným zařízením.

Bez hlubšího teoretického bádání lze tvrdit, že absolutní hodnota (délka) vektoru  $\vec{B}_M$  bude nabývat extrémních hodnot právě tehdy, pokud bude vektor indukce  $\vec{B}_C$  ve směru osy dipólu aproximujícího vnesené zařízení a vektory  $\vec{F}$  a  $\vec{B}_C$  budou navzájem kolineární. V tomto případě se vektor  $\vec{B}_C$  promítne do měřené absolutní hodnoty celou svojí maximální možnou délkou. Potom pro měřenou absolutní hodnotu vektoru platí rovnice 7.2.

$$|\vec{B}_M| = |\vec{F}| \pm |\vec{B}_C|, \quad (7.2)$$

kde  $|\vec{B}_M|$  představuje absolutní hodnotu naměřeného vektoru,  $|\vec{F}|$  představuje absolutní hodnotu vektoru geomagnetického pole a člen  $|\vec{B}_C|$  představuje maximální možnou chybu, která vznikne vnesením zdroje nežádoucího, cizího magnetického pole na místo měření. Cílem je minimalizovat kontaminující člen  $|\vec{B}_C|$  na úroveň, která neovlivní přesnost měření.

Člen  $|\vec{B}_C|$  je možné snižovat zvětšováním vzdálenosti zdroje kontaminujícího magnetického pole od místa, kde je prováděno měření vektoru geomagnetického pole. Velikost maximální možné kontaminace je rozumné posuzovat právě v kontextu této vzdálenosti.

Pokud je přesnost měření známá, úkol zvažení nasazení elektronického zařízení se transformuje na úlohu nalezení takové minimální vzdálenosti  $r_{min}$  od místa měření, kde kontaminující složka  $|\vec{B}_C|$  již neovlivní měření. Zařízení je poté možné bez obav používat ve vzdálenostech  $r > r_{min}$  od místa měření.

### 7.1.2 Cíl experimentu

Experiment má za cíl určit řádový odhad průběhu  $|\vec{B}_C|$  vneseného zařízení v závislosti na vzdálenosti od zařízení. Experiment bude proveden pro dvě vzorková zařízení současné elektroniky.

Testovaná zařízení:

- Notebook - ThinkPad T420 (34 cm x 23 cm x 3 cm).
- Tablet - Acer Iconia Tab A100 (20 cm x 12 cm x 1 cm).



Obrázek 7.1: Testovaná zařízení.

### 7.1.3 Popis experimentu

Elektronické zařízení je nahrazeno modelem ideálního dipólu. Velikosti složek vektoru magnetického momentu  $\vec{m}$  tohoto dipólu jsou změřeny postupně vůči lokálním souřadnicovým soustavám zvolených na zařízení.

Po změření všech složek  $m_i$ , kde  $i \in \{x, y, z\}$ , vektoru magnetického momentu  $\vec{m}$ , lze vypočítat velikost magnetické indukce  $|\vec{B}|$  v ose dipólu pro libovolnou vzdálenost od zdroje.

$$|\vec{B}| = \frac{2}{10^7} \frac{|\vec{m}|}{r^3} \left[ T; \frac{A \cdot m^2}{m} \right], \quad (7.3)$$

kde  $|\vec{B}|$  je velikost magnetické indukce, která byla vyvolána ve vzdálenosti  $r$  v ose dipólu magnetickým dipólem, jenž má magnetický moment o velikosti  $|\vec{m}|$ .

Pro změření magnetického momentu elektronického zařízení lze mimo jiné použít dva následující postupy.

Možné postupy měření magnetického momentu:

- Měření pomocí Helmholtzových cívek.
- Měření magnetické indukce na definované vzdálenosti.

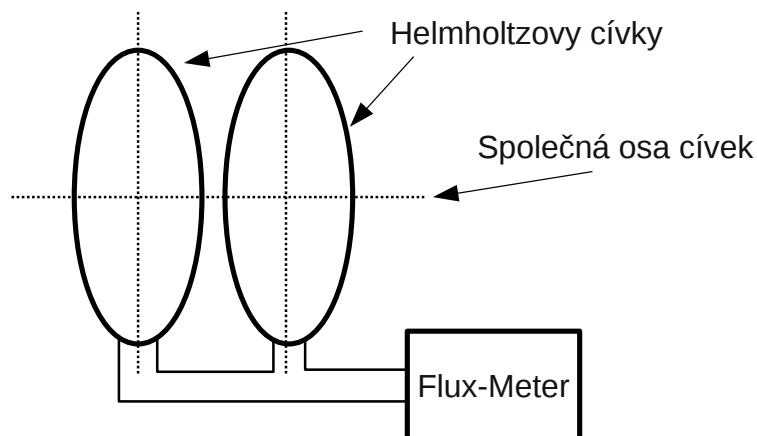
#### Měření pomocí Helmholtzových cívek

Jedná se o nestatické integrační měření. Detailně princip tohoto měření popisuje literatura [17] a [22]. Zde bude uvedena základní idea měření, které bylo provedeno.

Použitou měřicí soustavu ukazuje obrázek 7.2. Měřicí soustava se skládá z Helmholtzových cívek a digitálního fluxmetru.

Helmholtzovy cívky se obvykle používají pro generování homogenního magnetického pole. V tomto případě jsou však použity jako senzor. Při tomto použití je využito, že výstupní signál (napětí) cívek odpovídá změně magnetického toku podle Faradayova indukčního zákona.

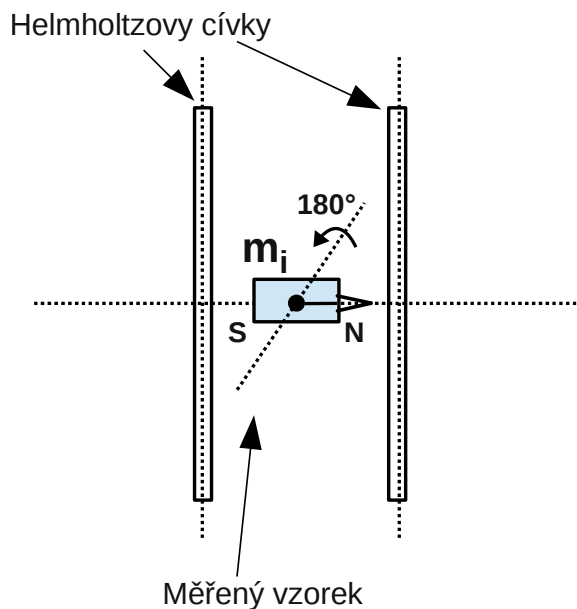
Fluxmetr představuje elektronické zařízení, které integruje výstupní signál Helmholtzových cívek. Z výstupu fluxmetru potom lze odvodit, jak velkou úhrnnou změnu magnetického toku zaznamenaly cívky za integrovaný časový interval.



Obrázek 7.2: Zapojení pro měření v Helmholtzových cívkách.

Princip měření magnetického momentu vzorku spočívá v umístění měřeného vzorku do prostoru Helmholtzových cívek, jak ukazuje obrázek 7.3. Při vložení je důležité vzorek správně orientovat. Měřená složka magnetického pole vzorku musí být kolmá na rovinu závitů.

Měření začíná umístěním vzorku do cívek, které je následováno vynulováním elektronického integrátoru a rotací vzorku uvnitř cívek, viz obrázek 7.3. Pokud došlo k rotaci vzorku o  $180^\circ$ , výstup elektronického integrátoru odpovídá dvojnásobku požadované hodnoty.



Obrázek 7.3: Měření vzorku v Helmholtzových cívkách.

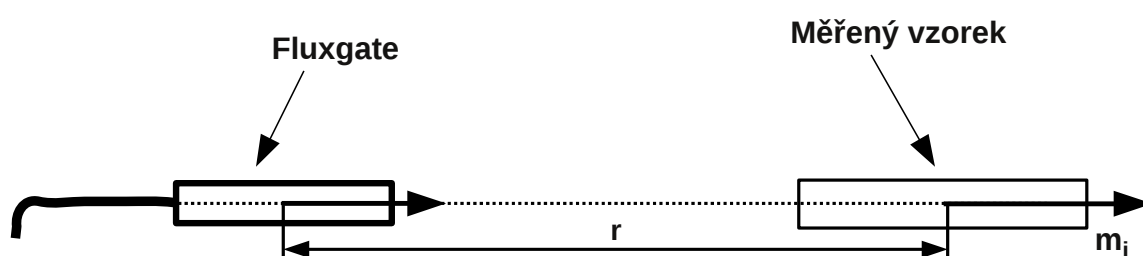
Je-li výstup fluxmetru cejchován v hodnotách naintegrovaného magnetického toku, lze magnetický moment v měřené ose vypočítat podle vztahu 7.4.

$$m_i = \frac{\Phi_i}{2 \cdot \mu_0 \cdot K} \left[ A \cdot m^2; \frac{V \cdot s}{H \cdot m^{-1}, m^{-1}} \right], \quad (7.4)$$

kde  $m_i$  je  $i$ -tá složka vektoru magnetického momentu vzorku,  $\Phi_i$  je výstup fluxmetru a odpovídá hodnotě magnetického toku, ke které došlo v průběhu měření. Symbol  $K$  odpovídá konstantě použitých Helmholtzových cívek (v našem případě  $K = 305,9 \text{ m}^{-1}$ ). A konečně  $\mu_0$  je permeabilita vakua.

### Měření magnetické indukce na definované vzdálenosti

Při použití této metody je změřena hodnota magnetické indukce ve známé vzdálenosti od měřeného vzorku. Pro měření je použita jedna osa feromagnetické sondy. Vzájemnou orientaci osy citlivosti feromagnetické sondy a měřené osy vzorku schématicky ukazuje obrázek 7.4. Při této konfiguraci lze pro odhad magnetického momentu dané osy použít zjednodušený vztah 7.5 [11].

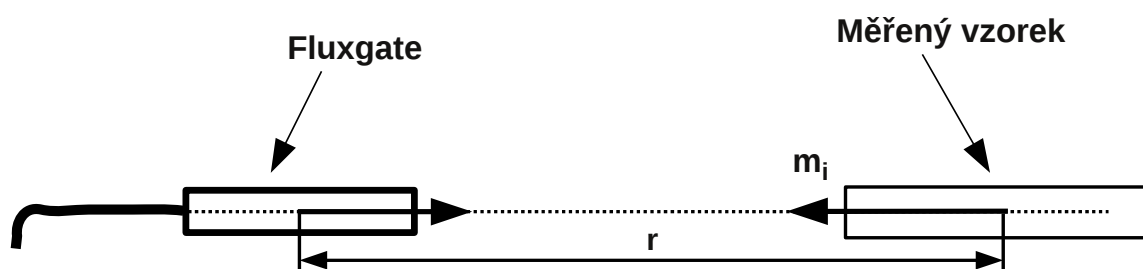


Obrázek 7.4: Měření magnetické indukce na vzdálenosti  $r$ .

$$m_i = \frac{10^7}{2} B_i \cdot r^3 [A \cdot m^2; T, m], \quad (7.5)$$

kde  $m_i$  je  $i$ -tá složka vektoru magnetického momentu vzorku,  $B_i$  je výstup fluxgate magnetometru a  $r$  je vzdálenost vzorku od magnetometru.

Pokud není možno při realizaci měření odstínit jiná nevíтанá magnetická pole (například pole geomagnetické), je vhodnější použít rozdílové měření. Nejdříve se změří  $B_{1i}$  v pozici podle obrázku 7.4.



Obrázek 7.5: Měření magnetické indukce na vzdálenosti  $r$ .

Poté je vzorek rotován o  $180^\circ$ , jak ukazuje obrázek 7.5, výstup sondy je  $B_{2i}$ . Výsledná hodnota magnetického momentu dané osy je poté spočítána podle vztahu 7.6. Je nutné poznamenat, že při aplikaci tohoto postupu je předpokládáno, že nevíтанé cizí pole je v průběhu měření stacionární.

$$m_i = \frac{10^7}{4} (B_{1i} - B_{2i}) \cdot r^3 [A \cdot m^2; T, m]. \quad (7.6)$$

## 7.1.4 Výsledky

### Zjištěné hodnoty magnetických momentů

Hodnoty jednotlivých složek magnetického momentu ukazují následující tabulky, které jsou rozdělené podle typu zařízení. V tabulkách parametry  $m_i$ , kde  $i \in \{x, y, z\}$ , symbolizují složky magnetického momentu, ve vztahu ke zvolené lokální souřadnicové soustavě na každém zařízení.  $|\vec{m}|$  je celková velikost magnetického momentu zařízení a  $u_A$  symbolizuje standardní nejistotu typu A.

Nutno podotknout, že uvedené statistické nejistoty slouží pouze pro orientační představu, ježto byly počítány z malého počtu měření (z 6-ti měření). Přesnost v tomto měření však nehraje hlavní roli.

Složky magnetického momentu  $\vec{m}$  pro notebook Thinkpad T420:

Notebook								
Helmholtzovy cívky					Fluxgate			
	$m_x$	$m_y$	$m_z$	$ \vec{m} $	$m_x$	$m_y$	$m_z$	$ \vec{m} $
	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$
Hodnota	0.1547	0.0613	0.2113	<b>0.2689</b>	0.1588	0.0971	0.2458	<b>0.308</b>
$u_A$	0.0046	0.0064	0.0021	<b>0.0058</b>	0.0081	0.0051	0.0087	<b>0.013</b>

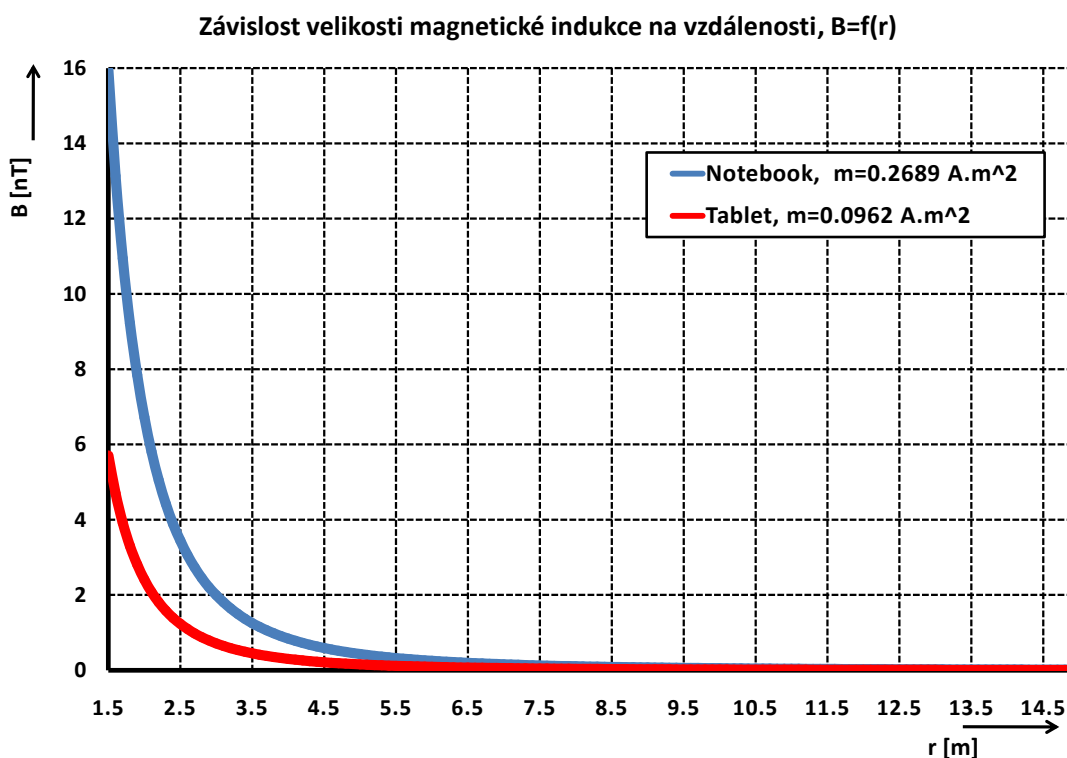
Složky magnetického momentu  $\vec{m}$  pro tablet Acer Iconia Tab A100:

Tablet								
Helmholtzovy cívky					Fluxgate			
	$m_x$	$m_y$	$m_z$	$ \vec{m} $	$m_x$	$m_y$	$m_z$	$ \vec{m} $
	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$	$[A.m^2]$
Hodnota	0.02978	0.0564	0.0722	<b>0.0963</b>	0.0394	0.0526	0.0701	<b>0.0961</b>
$u_A$	0.00061	0.0020	0.0017	<b>0.0026</b>	0.0030	0.0015	0.0024	<b>0.0038</b>

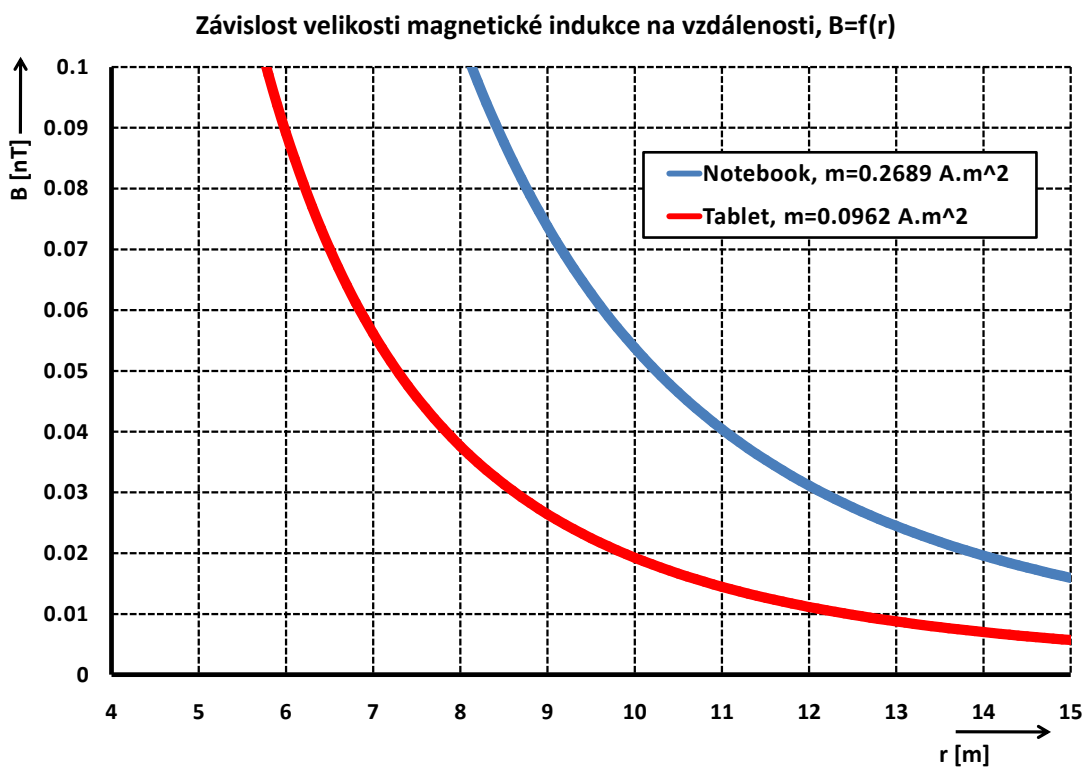
### Vzdálenostní průběhy magnetických indukcí

Po zjištění velikostí jednotlivých magnetických momentů lze posoudit, jak velké magnetické pole budou jednotlivé magnetické dipóly produkovat v různých vzdálenostech a směrech od dipólu.

Pro určení maximální magnetické indukce, kterou je schopný dipól na určité vzdálenosti produkovat, je důležitý směr shodný se směrem magnetické osy onoho dipólu. Zafixujeme-li orientaci dipólu v tomto směru a začneme-li se vzdalovat, pak podle rovnice 7.3 lze napočítat hodnoty, které ukazují grafy na obrázcích 7.6 v celku a 7.7 v detailu. Do rovnice byly dosazeny jako parametr velikosti jednotlivých magnetických momentů, které byly získány při měření Helmholtzovými cívkami.



Obrázek 7.6: Vývoj velikosti magnetické indukce ve směru osy dipólu - celek.



Obrázek 7.7: Vývoj velikosti magnetické indukce ve směru osy dipólu - detail.

## 7.1.5 Závěr experimentu

Bylo provedeno orientační měření magnetického momentu vzorkových elektronických zařízení (notebook, tablet). Magnetický moment těchto zařízení vychází přibližně v řádech  $\approx 0.1 \text{ A.m}^2$ .

Dále bylo ukázáno, jak velkou maximální magnetickou indukcí jsou měřená zařízení schopna generovat pro určité vzdálenosti.

Zvážíme-li, že přesnost absolutních geomagnetických měření se podle empirických odhadů pohybuje v řádech 0.1 nT, pak především podle grafu na obrázku 7.7 je patrné, že zařízení je možné v určitých vzdálenostech používat.

Pro řádový odhad velikosti kontaminující složky v určitých vzdálenostech byla využita konvenční elektronická zařízení. Dá se předpokládat, že tento průběh lze dále optimalizovat. Optimalizace spočívá v experimentální úpravě zařízení speciálně do provozu absolutního pavilonu<sup>2</sup>, tak aby se dala nasadit blíže k místu měření.

V případě přetrvávajících obav, že by zařízení mohlo absolutní měření znehodnotit, je lepší základní údaje při měření na místě zapsat do papírového protokolu a po sléze přepsat a doplnit v bezpečné zóně do formy protokolu elektronického.

Dále je nutné podotknout, že neproběhla hloubková analýza přes všechny možné typy měřených druhů zařízení. Toto nemá valný smysl. Ke každému kusu, který by měl být použit při absolutním měření je nutné přistupovat individuálně.

*Poznámka 1:*

*Použitý fluxgate senzor - Stefan Mayer Instruments, FL3-100.*

*Použitý fluxmetr - LakeShore, Model 480 Fluxmeter.*

## 7.2 Preciznost agregovaných bází

### Cíl experimentu

Pro posuzování preciznosti agregovaných bází byl zvolen ukazatel **výběrová směrodatná odchylka**. Tento ukazatel je poskytován společně s výsledky agregovaných bází, viz část 5.2.6 této zprávy. Na základě velikosti tohoto ukazatele, může kvalifikovaný pracovník posoudit z jak precizních dat pochází agregovaná báze a provést tak orientační výstupní kontrolu.

Cílem experimentu je poskytnutí reálné představy o preciznosti agregovaných bází.

### Popis experimentu

Experiment byl proveden na reálných datech, převážně z roku 2012 n. l. Ježto výběrový soubor, z kterého je určována agregovaná báze, má poměrně malý rozsah (6 jednotek), byla pro porovnání provedena série referenčních absolutních měření, z nichž byl získán výběrový soubor z vyšším rozsahem (18 jednotek). Všechna měření prováděl stejný, zkušený pracovník. Získané báze se vztahují ke konkrétnímu variometru, který nese označení **GDAS** a je orientován v orientaci HDZF.

Předpokládejme datový soubor  $\{\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n\}$ , který reprezentuje báze určité složky variometrů a pochází se série těsných absolutních měření. Pak vztahy použité v dalších výpočtech jsou následující.

Aritmetický průměr (sample mean, arithmetic mean):

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n}. \quad (7.7)$$

Variační rozpětí R (range):

$$R = \Delta_{max} - \Delta_{min}. \quad (7.8)$$

Výběrová směrodatná odchylka s (sample standard deviation):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n - 1}}. \quad (7.9)$$

Variační koeficient V (coefficient of variation):

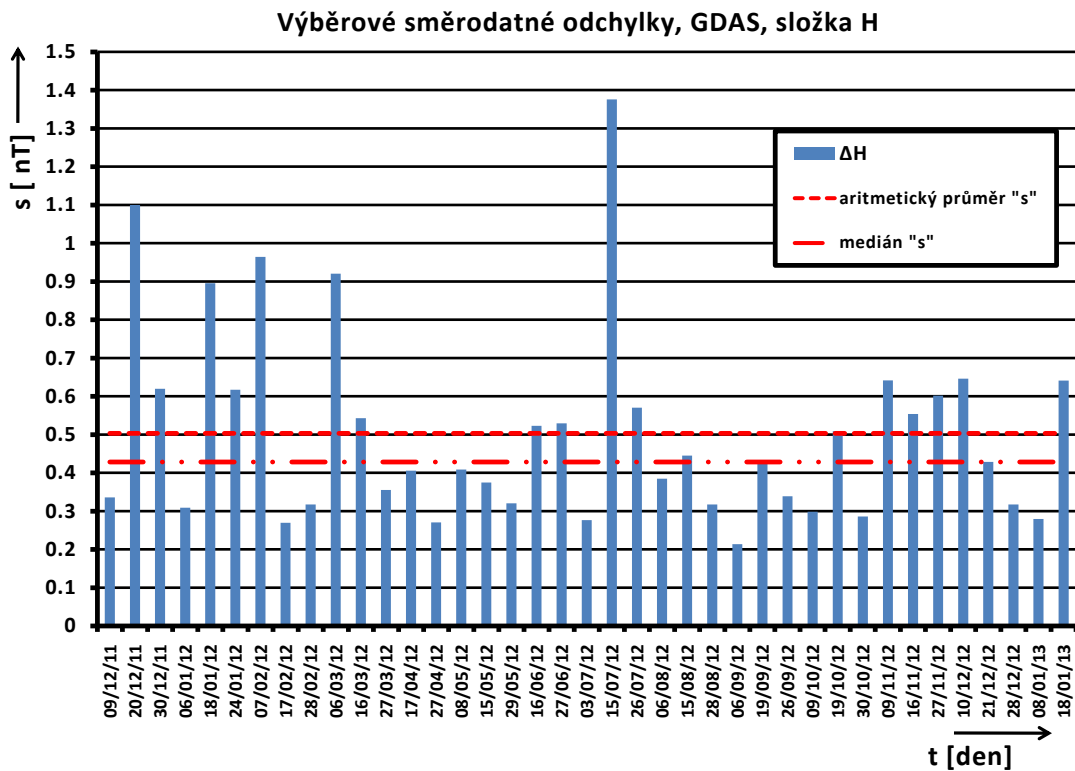
$$V = \frac{s}{\bar{\Delta}} \cdot 100\%. \quad (7.10)$$

## Výsledky experimentu

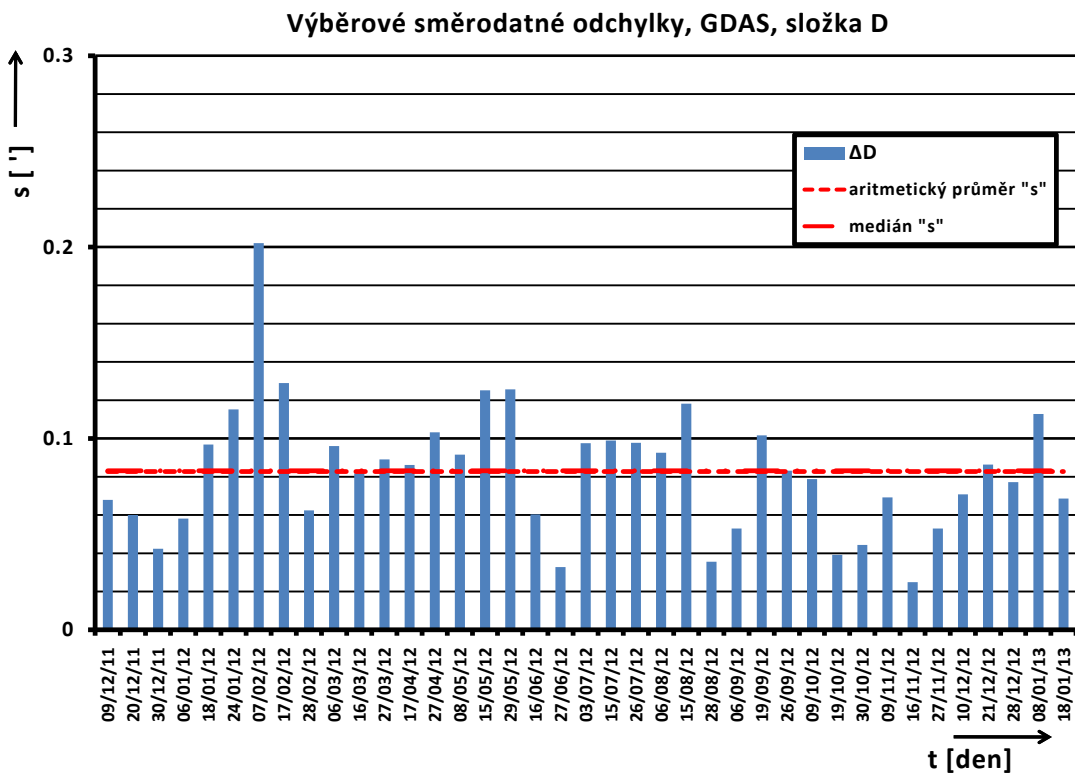
Grafy na obrázcích 7.8, 7.9 a 7.10 ukazují reálné výběrové směrodatné odchylky souborů bází, z kterých byly v minulosti skutečně počítány agregované báze. Grafy jsou rozčleněny podle jednotlivých složek H, D, Z variometru GDAS, který se nachází na geomagnetické observatoři Budkov. Agregované báze, a tedy i směrodatné odchylky jsou podle standardního postupu počítány z výběrového souboru o velikosti  $n=6$ .

Tabulky 7.1 a 7.2 ukazují výběrové směrodatné odchylky jednotlivých složek systému GDAS, které vznikly z referenční série absolutních měření. Směrodatné odchylky jsou uvedeny v kontrastu ostatních měř variability (rozptýlenosti).

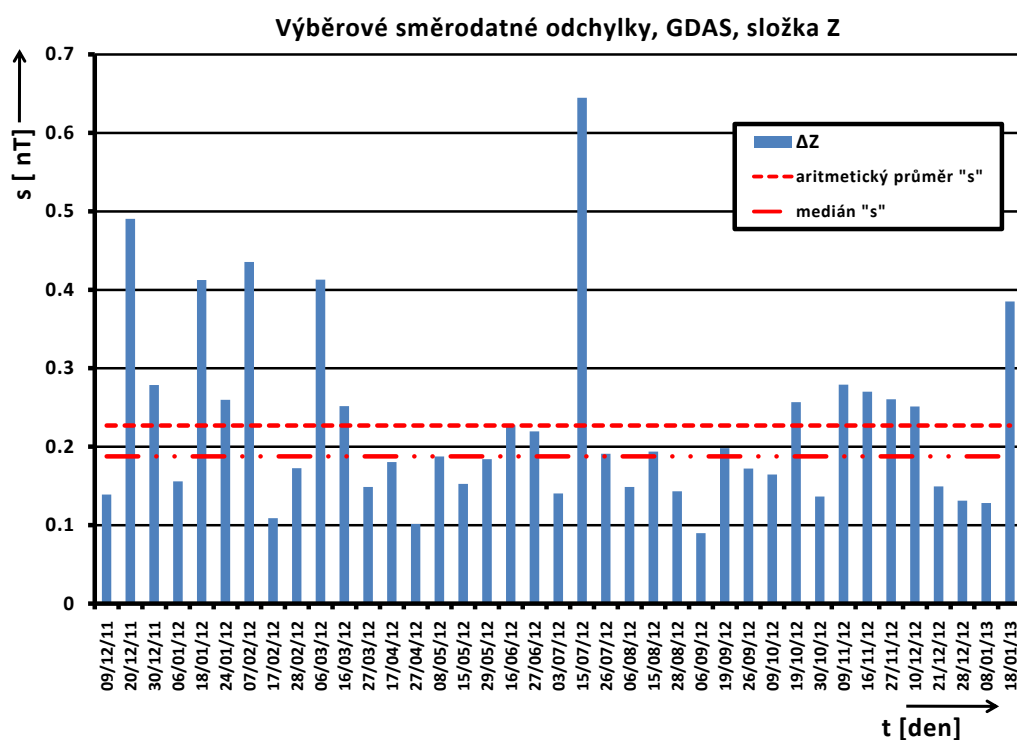




Obrázek 7.8: Systém GDAS, složka H, velikost souboru  $n=6$ .



Obrázek 7.9: Systém GDAS, složka D, velikost souboru  $n=6$ .



Obrázek 7.10: Systém GDAS, složka Z, velikost souboru  $n=6$ .

složka	$\bar{\Delta}$	$R$	$s$	$V$
[—]	[nT]	[nT]	[nT]	[%]
H	20398.44	1.12	0.35	0.0017
Z	44035.40	0.54	0.16	0.00036

Tabulka 7.1: Variabilita bází, systém GDAS, složka H a Z, rozsah souboru  $n=18$ .

složka	$\bar{\Delta}$	$R$	$s$	$V$
[—]	[']	[']	[']	[%]
D	167.67	0.42	0.10	0.062

Tabulka 7.2: Variabilita bází, systém GDAS, složka D, rozsah souboru  $n=18$ .

## Závěr experimentu

Výsledky experimentu poměrně přehledně ukazují, v jakých dimenzích se pohybují směrodatné odchylky výběrových souborů bází, ze kterých jsou počítány agregované báze.

Při reálném nasazení navrženého systému může pracovník observatoře téměř okamžitě zkontrolovat báze, které vznikly výpočtem z právě dokončené série absolutních

měření. Velká míra variability může značit potencionální problém. V takovém případě je lepší série absolutních měření následující den zopakovat. Necht' jsou prezentované hodnoty vodítkem pro takové rozhodnutí.

*Poznámka 1: Pro účely tohoto experimentu byla použita data Geofyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, veřejné výzkumné instituce. <http://www.ig.cas.cz/>*

*Poznámka 2: Navrhovaný způsob pomůže k hodnocení agregovaných bází z hlediska preciznosti (precision), nic ovšem neříká o tom s jakou byly určeny přesností (accuracy).*

## 7.3 Srovnávací testy klíčových metrik procesů

Následující sekce porovnává aktuální stav procesů na geomagnetické observatoři Budkov se stavem, který nabízí navržené řešení.

Porovnání se zaměřuje na dva procesy zvolené v sekci 4.1 této práce. Procesy jsou porovnány z hlediska kvantitativních parametrů a kvalitativních ukazatelů.

Porovnávané procesy:

1. Proces 1 - Absolutní měření.
2. Proces 2 - Výpočet bází.

### 7.3.1 Komparace pro proces 1 - Absolutní měření

#### Kvalitativní parametry

Hlavním kvalitativním přínosem navrženého řešení k tomuto procesu je unifikace protokolu o absolutním měření.

Jde o sjednocení samotných zapisovaných dat, ale i datových formátů. Datový formát je důležitý především kvůli archivaci protokolů a použití automatických prostředků na jejich zpracování.

Navržené řešení nahrazuje dosavadní proprietární datové formáty standardním textovým formátem v XML. Některé současně používané proprietární formáty jsou pro budoucí generace prakticky nečitelné a zároveň jsou obtížně strojově zpracovatelné. Textový formát XML je jednoduše lidsky i strojově čitelný.

Popisek	Zapisovaná data	Použitý formát
[–]	[–]	[–]
Aktuální stav	Nejsou unifikována	Různý proprietární
Stav při nasazení	Jsou unifikována	Standardní textový XML
<b>Výsledné zlepšení</b>	<b>Sjednocení</b>	<b>Sjednocení, standardizace</b>

Tabulka 7.3: Bilance kvalitativního zlepšení procesu 1 - Absolutní měření.

## 7.3.2 Komparace pro proces 2 - Výpočet bází

### Kvantitativní parametry

Klíčovým parametrem pro produkci kvazi-definitivních dat je včasné získání přístrojových bází. Hlavním problémem pro včasnou produkci těchto dat je časově náročný manuální výpočet bází. Klíčovým parametrem procesu je tedy čas výpočtu.

**Současný stav:** Pro získání referenčních hodnot k výpočtu jedné agregované báze, provádí pracovník sérii 6-ti absolutních měření. Pro jedno absolutní měření musí vyhledat přibližně 40 hodnot variací z logů jednoho variometru. Pro jednu agregovanou bázi musí tedy vyhledat přibližně  $6 \times 40 = 240$  hodnot. Pokud by se na observatoři bázovalo  $n$  přístrojů je celkový počet variací, které musí pracovník dohledat  $n \times 240$ .

Manuální procedura pro výpočet jedné agregované báze může, v závislosti na počtu bázovaných přístrojů, zabrat celý 1 člověkodenní<sup>3</sup>. Na observatoři Budkov je prováděno přibližně 6 sérií absolutních měření za měsíc. **Pouze tento proces spotřebuje na observatoři Budkov přibližně 70 člověkodenní/rok.**

**Po použití řešení:** Pracovník pouze nahraje protokol o měření do servisní aplikace, od té doby jsou okamžitě přístupné báze všech požadovaných systémů. Procedura nahrání protokolu a následný dotaz na báze zabere několik sekund.

**Bilance:** Při reálném nasazení navrženého řešení, může být proces urychlen přibližně 30.000 krát. A může být ušetřeno přibližně 70 člověkodenní/rok.

Popisek	Náklady
[—]	[člověkodenní/rok]
Aktuální stav	70
Stav při nasazení	0
<b>Zlepšení</b>	<b>70</b>

Tabulka 7.4: Bilance ušetřených pracovních nákladů pro proces 2 - Výpočet bází.

### Kvalitativní parametry

Hlavním kvalitativním přínosem řešení k tomuto procesu je unifikovaný a centralizovaný výpočet přístrojových bází, který zůstává stejný pro všechny pracovníky. Při případné změně vztahů dojde ke změně na centrální úrovni, tím je zajištěna konzistence výpočtů pro všechny pracovníky.

<sup>3</sup>Hodnota vychází z empirického výzkumu na observatoři Budkov, kde se bázuje dva přístroje.

Popisek	Výpočet bází
[–]	[–]
Aktuální stav	Postup výpočtu není unifikován
Stav při nasazení	Postup výpočtu je unifikován
<b>Zlepšení</b>	<b>Unifikace postupu pro výpočet bází</b>

Tabulka 7.5: Bilance kvalitativního zlepšení pro proces 2 - Výpočet bází.

## 7.4 Testování funkčnosti implementace

Implementace prototypu Magnetic service byla podrobena funkčním testům. Testovány byly především požadavky popsané v části 4.1.2 tohoto dokumentu. Testy byly prováděny z pohledu klientské aplikace.

### Konfigurace testu

K testování byl jako klient použit nástroj **cURL**<sup>4</sup> a webový prohlížeč **Mozilla Firefox**<sup>5</sup> verze 24. Testy zastřešoval operační systém **openSUSE 12.3 (x86\_64)**<sup>6</sup>. Serverová část Magnetic service byla spuštěna lokálně na stejném zařízení jako klient v prostředí **Java 1.7**. Vzdálený systém, který poskytuje vektory variací jednotlivých variometrů (Variometer service) byl simulován.

### Popis testovacího scénáře

- Vložení všech základních zdrojů, na kterých je závislý zdroj „protocol“.
- Vložení variometru, který má orientaci HDZF.
- Vložení několika entit zdroje „protocol“.
- Provedení dotazu na báze.

### Realizace testu

Zadání v prvních třech bodech testovacího scénáře bylo realizováno automaticky, prostřednictvím shellových skriptů a za pomoci nástroje cURL. Do systému bylo vloženo 79 protokolů o absolutním měření.

Provedení dotazu na báze lze provést například oblíbeným webovým prohlížečem. Následující příklad demonstruje dotaz na báze variometru GDAS v časovém rozpětí let 2010 až 2011.

Základní dotaz na báze provedený webovým prohlížečem:

```
http://localhost:8080/variometers/gdas/baselines?since=20100101&until=20110101
```

<sup>4</sup>cURL <http://curl.haxx.se/>

<sup>5</sup>Mozilla Firefox <http://www.mozilla.org/>

<sup>6</sup>openSUSE <http://www.opensuse.org/>

```

variometer_id=gdas; place_id=bdv
year day bh bd bz bf sh sd sz sf n
2010 1 20382.95 156.00 44044.19 -47.41 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 1 20370.19 159.20 43960.06 -47.29 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 1 20370.29 159.18 43960.36 -47.43 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 2 20370.37 159.18 43960.24 -47.44 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 2 20370.17 159.20 43960.29 -47.34 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 2 20370.07 159.20 43960.09 -47.32 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 5 20370.25 159.18 43960.40 -47.28 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 5 20370.05 159.15 43960.38 -47.49 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 5 20370.04 159.18 43960.20 -47.35 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 6 20370.22 159.17 43960.64 -47.30 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 6 20370.14 159.17 43960.26 -47.42 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 6 20370.18 159.18 43959.98 -47.35 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 10 20369.95 159.17 43960.40 -47.29 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 10 20370.01 159.20 43960.11 -47.30 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 10 20369.86 159.18 43960.27 -47.43 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 11 20370.29 159.18 43960.34 -47.37 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 11 20370.17 159.18 43960.32 -47.28 0.00 0.00 0.00 0.00 1
2010 11 20370.05 159.17 43960.64 -47.21 0.00 0.00 0.00 0.00 1

```

Obrázek 7.11: Výsledek dotazu na základní (neagregované) báze variometru GDAS.

```

variometer_id=gdas; place_id=bdv;
year day bh bd bz bf sh sd sz sf n
2010 2 20372.34 158.66 43974.21 -47.37 5.20 1.30 34.29 0.06 6
2010 6 20370.15 159.17 43960.31 -47.36 0.09 0.01 0.22 0.08 6
2010 11 20370.05 159.18 43960.35 -47.31 0.15 0.01 0.17 0.08 6
2010 17 20370.19 159.19 43960.23 -47.40 0.07 0.01 0.07 0.04 6
2010 22 20370.11 159.18 43960.30 -47.39 0.07 0.01 0.17 0.03 6
2010 28 20370.03 159.18 43960.23 -47.42 0.08 0.01 0.11 0.11 6
2010 33 20370.00 159.18 43960.26 -47.35 0.13 0.01 0.14 0.07 6
2010 40 20370.15 159.17 43960.17 -47.39 0.13 0.01 0.17 0.03 6
2010 44 20370.05 159.17 43960.35 -47.36 0.06 0.01 0.11 0.06 6
2010 49 20369.99 159.18 43960.40 -47.35 0.19 0.02 0.13 0.05 6
2010 53 20370.04 159.18 43960.15 -47.34 0.12 0.01 0.11 0.05 6
2010 59 20369.97 159.18 43960.25 -47.38 0.09 0.02 0.11 0.06 6
2010 64 20370.14 159.19 43960.33 -47.34 0.20 0.01 0.16 0.07 6
2010 68 20370.11 159.19 43960.17 -47.37 0.10 0.01 0.15 0.07 6
2010 73 20370.09 159.18 43960.36 -47.38 0.18 0.01 0.12 0.07 6
2010 78 20369.93 159.18 43960.29 -47.34 0.08 0.01 0.10 0.04 6
2010 83 20369.99 159.18 43960.35 -47.35 0.08 0.01 0.12 0.09 6
2010 90 20370.03 159.18 43960.18 -47.35 0.17 0.01 0.13 0.06 6

```

Obrázek 7.12: Výsledek dotazu na agregované báze variometru GDAS.

Obrázky 7.11 a 7.12 ukazují výsledky dotazu, který byl dále obohacen o parametr, jenž upřesňuje, zda je požadavek veden na báze základní (neagregované) nebo zda je veden na báze agregované.

### **Závěr testování**

Testovaná implementace prototypu serverové části Magnetic service je schopná realizovat základní funkčnost systému.

Testovaná funkčnost:

- Manipulace se základními zdroji.
- Manipulace s protokoly o absolutním měření.
- Poskytnutí bází variometru.

Systém poskytuje jednoduchý textový výstup, který lze snadno zpracovávat dalšími programy. Příkladem takového programu může být například tabulkový procesor či jednoduchý skript.

*Poznámka 1: Dávky pro unixový shell, které umožní opakování testu jsou přítomny v příloze na CD.*

*Poznámka 2: Báze z experimentu neodpovídají úplně bázím systému GDAS. Použité hodnoty absolutních měření a variací nebyly reálné, ale testovací.*

# Kapitola 8

## Závěr

### Předmět činnosti práce

Hlavním úkolem práce bylo navržení komplexního řešení, které umožní produkci kvazi-definitivních geomagnetických dat. Návrh byl vztažen ke geomagnetické observatoři Budkov (BDV).

Po provedení základní procesní analýzy bylo zřejmé, že hlavní překážkou pro tvorbu kvazi-definitivních dat je časově náročný proces výpočtu bází variometrů. Tento proces lze automatizovat. Avšak pro automatizaci muselo být řešení rozšířeno i o podporu procesu absolutních měření, jehož současný stav je na geomagnetické observatoři Budkov pro automatizaci nevyhovující.

### Provedené práce

V rámci práce bylo provedeno:

- Upřesnění používaných pojmů.
- Rozklíčování, ujasnění a navržení procesů (postupy, výpočty, kontrola dat, ...).
- Navržení standardního řešení pro automatizaci vybraných procesů.
- Modelování reality formou datových modelů.
- Navržení standardního komunikačního rozhraní.
- Implementace prototypu serveru poskytující hlavní funkcionalitu.
- Komplexní testování navrženého řešení.

### Zhodnocení navrženého řešení

Navržené řešení splňuje požadavky pro podporu vybraných procesů, ctí současnou infrastrukturu a poskytuje signifikantní kvalitativní i kvantitativní zlepšení oproti současnému stavu.



## Zhodnocení přínosů práce

Velkým přínosem této práce jsou kapitoly 2 a 3, kde byly analyzovány, rozklíčovány a redefinovány pojmy a procesy používané na geomagnetických observatořích. Tyto dvě kapitoly mohou sloužit samostatně obecně například pro vysvětlení základních principů, na kterých je geomagnetická observatoř vystavena, dále pak mohou sloužit jako základní vodítko pro zaškolování nových zaměstnanců.

Po rozklíčování a pojmenování základních procesů, které je nabídnuto v kapitole 3, lze lépe cílit rozvoj těchto procesů, definovat kontrolní mechanismy pro jednotlivé procesy, standardizovat výstupy, definovat odpovědnosti a určovat strategický rozvoj jednotlivých procesů.

Dalším důležitým přínosem je obecný návrh datových modelů a komunikačního rozhraní. Návrh byl cíleně poskytnut v obecné formě, která je nezávislá na konkrétním programovacím jazyku.

Posledním přínosem je implementace prototypu serverové části navrženého řešení. Tento prototyp může případně posloužit jako dobrý základ pro další implementační práci.

Předpokladem pro úspěšné dokončení tohoto komplexního úkolu bylo především vhodné zkombinování znalostí z poměrně širokého spektra technicko-vědních disciplín. Úhrnné spektrum znalostí zahrnuje především oblast fyziky, elektrických měření, analytické činnosti, datového modelování, návrhu softwaru, programování, . . .

*„Pánové a dámo,  
dnes začneme probírat teorii chyb. Dobré pochopení této látky považuji  
za nutnou podmínku vašeho setrvání v dalším studiu, protože chyby Vás  
budou provázet celým životem. . . “*

**prof. Ing. Václav Fajt, DrSc.**  
*úvodní hodina elektrických měření*

# Literatura

- [1] Benoît St-Louis: Intermagnet Technical Reference Manual 4.5. 2011.  
URL [www.intermagnet.org](http://www.intermagnet.org)
- [2] Aline Peltier; Arnaud Chulliat: On the feasibility of promptly producing quasi-definitive magnetic observatory data. *Earth Planets Space*, ročník 62, 2010.
- [3] CHRIS RICHARDSON: *POJOs in Action: Developing Enterprise Applications with Lightweight Frameworks*. Manning Publications Co., 2006, ISBN 1932394583.
- [4] D. Gubbins; E. Herrero-Bervera: *Encyklopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism*. Springer, 2007, ISBN 978-1-4020-3992-8.
- [5] Dan Malks; Deepak Alur; Ralph Johnson; aj.: *Core J2EE Patterns: Best Practices and Design Strategies*. Pearson Education, 2001, ISBN 0130648841.
- [6] Dr Jaromír Brož, laureát státní ceny: *Základy magnetických měření*. Nakladatelství Československé akademie věd, 1953.
- [7] E. Kring Lauridsen: Experiences with the DI-Fluxgate magnetometer inclusive theory of the instrument and comparison with other methods. 1985.
- [8] Erich Gamma; Richard Helm; Ralph Johnson; aj.: *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley Professional, 1994, ISBN 0201633612.
- [9] Fielding, R.; Gettys, J.; Mogul, J.; aj.: RFC 2616, Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1. 1999.  
URL <http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html>
- [10] Fielding, R. T.: *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. Dizertační práce, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, IRVINE, 2000, aAI9980887.
- [11] Fritz Primdahl: A Pedestrian's Approach to Magnetic Cleanliness. 1990.
- [12] H.U. Auster; M. Manda; A. Hemshorn; aj.: Automation of absolute measurement of the geomagnetic field. *Earth Planets Space*, 2007: s. 1007–1014.
- [13] J. A. Jacobs: *Geomagnetism*, ročník 1. Academic Press, 1987, ISBN 0-12-378671-1.

- [14] J. Jankowski; Ch. Suckdorff: *Guide for magnetic measurements and observatory practice*. International Association of Geomagnetism and Aeronomy, 1996, ISBN 0-9650686-2-5.
- [15] Jay. L. Devore: *Probability and Statistics for Engineering and Sciences*. Brooks/Cole Publishing Co., 6 vydání, 2004, ISBN 0-534-39933-9.
- [16] Jean L. Rasson: *About Absolute Geomagnetic Measurement in the Observatory and in the Field*. 2005.
- [17] Joseph J. Stupak Jr: *A METHOD OF CALIBRATING HELMHOLTZ COILS FOR THE MEASUREMENT OF PERMANENT MAGNETS*. 1995.
- [18] Linda DeMichiel; kol.: *JSR 317: Java™ Persistence API, Version 2.0, Final Release*. Technická zpráva, Sun Microsystems, Inc., 2009.
- [19] Martin Fowler: *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Addison-Wesley Professional, první vydání, 2002, ISBN 0321127420.
- [20] National institute of standards and technology: *FIPS 183, Integration definition for function modeling (IDEF0)*. 1993.
- [21] Richard. P. Feynman; Robert B. Leighton ; Matthew Sands: *Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady 2/3*, ročník 2. Fragment, 2001, ISBN 80-7200-420-4.
- [22] S. R. Trout: *Use of Helmholtz Coils for Magnetic Measurements*. *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS*, ročník 24, č. 4, 1988.
- [23] Santiago Pericas-Geertzen; Marek Potociar; kol.: *JAX-RS: Java™ API for RESTful Web Services*. Technická zpráva, Oracle America, Inc., 2013.
- [24] Sekhar Vajjhala; Joe Fialli; kol.: *The Java™ Architecture for XML Binding (JAXB) 2.0, Final Release*. Technická zpráva, Sun Microsystems, Inc., 2006.

# Příloha A

## Logické datové typy

### A.1 Datový model protokolu o absolutním měření

Entita: T\_EMPLOYEE

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
EM_EMPLOYEE_PK	text	délka $\in (0, 15)$	Identifikátor zaměstnance.
EM_FIRST_NAME	text	délka $\in (0, 50)$	Křestní jméno uživatele.
EM_SURNAME	text	délka $\in (0, 50)$	Příjmení uživatele.
EM_SALT	text	délka $\in (0, 50)$	Sůl pro heslo.
EM_PASSWORD	text	délka $\in (0, 100)$	Heslo SHA-256
EM_ROLE_FK	text	délka $\in (0, 15)$	Uživatelská role

Entita: T\_ROLE

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
RO_ROLE_PK	text	délka $\in (0, 15)$	Primární klíč, identifikátor role uživatele {standard, su}.

Entita: T\_PLACE

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
PLA_PLACE_PK	text	délka $\in (0, 15)$	Identifikátor observatoře.
PLA_NOTE	text	délka $\in (0, 300)$	doplňující poznámka

Entita: T\_F\_PLACE

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
FP_F_PLACE_PK	text	délka $\in (0, 15)$	Primární klíč, identifikátor místa, měření F.
FP_NOTE	text	délka $\in (0, 300)$	Doplňující poznámka.

Entita: T\_F\_SOURCE

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
FS_F_SOURCE_PK	text	délka $\in (0, 15)$	Primární klíč, identifikátor zdroje F.
FS_NOTE	text	délka $\in (0, 300)$	Doplňující poznámka.

Entita: T\_MIRE

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
MIR_MIRE_PK	text	délka $\in (0, 15)$	Primární klíč, identifikátor mire.
MIR_AZIMUTH_DEG_SEC	celé číslo	$\in (1296000, -1296000)$	Úhel v sekundách.
MIR_NOTE	text	délka $\in (0, 300)$	Doplňující poznámka.

Entita: T\_PROBE\_POSITION

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
PP_PROBE_POSITION_PK	text	délka $\in (0, 15)$	Pozice sondy {"nu", "ed", ...}.
PP_NOTE	text	délka $\in (0, 300)$	Doplňující poznámka.

Entita: T\_PROTOCOL

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
PR_PROTOCOL_PK	celé číslo	-	Automatický PK
PR_INSTRUMENT	text	délka $\in (0, 150)$	DI-Flux
PR_NOTE	text	délka $\in (0, 300)$	Poznámka
PR_IS_USED_YN	boolean	{true,false}	Je použit pro výpočet bází?
PR_DATE.UTC	datum	-	Platí pro vektor bází.
PR_EMPLOYEE_FK	text	délka $\in (0, 15)$	Pracovník observatoře, který vykonal měření.
PR_PLACE_FK	text	délka $\in (0, 15)$	Observatoř, kde proběhlo měření. Př. BDV

Entita: T\_ABSOLUTE\_MEASUREMENT

Atribut	Typ	Rozsah	Popisek
AM_ABSOLUTE_MEASUREMENT_PK	celé číslo	-	Automatický PK.
AM_NOTE	text	délka $\in (0, 300)$	Doplňující poznámka.
AM_DATE.UTC	datum	-	Datum v UTC.
AM_START_TIME.UTC	čas	-	Čas v měřítku UTC.
AM_DECLINATION_OFFSET_DEG_SEC	celé číslo	-	Úhlový offset ke korekci deklinace v sekundách.
AM_INCLINATION_OFFSET_DEG_SEC	celé číslo	-	Úhlový offset ke korekci inklinace v sekundách.
AM_F_PLACE_AWAY_FK	text	délka $\in (0, 15)$	FK, místo kde bylo měřeno F.
AM_PROTOCOL_FK	celé číslo	-	FK

Entita: T\_MIRE\_MEASUREMENT

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
MM_MIRE_MEASUREMENT_PK	celé číslo	-	Automatický, primární klíč.
MM_AZIMUTH_VALUE_DEG_SEC	celé číslo	$\in (1296000, -1296000)$	Úhel v sekundách.
MM_ABSOLUTE_MEASUREMENT_FK	celé číslo	-	Cizí klíč, rodičovské absolutní měření.
MM_MIRE_FK	text	délka $\in (0, 15)$	Cizí klíč, identifikátor zaměřovaného mire.

Entita: T\_DECLINATION\_MEASUREMENT

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
DM_DECLINATION_MEASUREMENT_PK	celé číslo	-	Automatický primární klíč.
DM_DECLINATION_VALUE_DEG_SEC	celé číslo	$\in (1296000, -1296000)$	Úhel v sekundách.
DM_F_AWAY_PT	celé číslo	-	Velikost modulu F v pT.
DM_TIME.UTC	čas	-	čas v UTC měřítku
DM_SIGN_IN_AVG	celé číslo	{1,-1}	Koeficient znaménka v průměru.
DM_ABSOLUTE_MEASUREMENT_FK	celé číslo	-	Cizí klíč, odkaz na absolutní měření.
DM_PROBE_POSITION_FK	text	délka $\in (0, 15)$	Cizí klíč, pozice sondy.

Entita: T\_INCLINATION\_MEASUREMENT

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
IM_INCLINATION_MEASUREMENT_PK	celé číslo	-	Automatický primární klíč.
IM_INCLINATION_VALUE_DEG_SEC	celé číslo	$\in (1296000, -1296000)$	Úhel v sekundách.
IM_F_AWAY_PT	celé číslo	-	Velikost modulu F v pT.
IM_TIME.UTC	čas	-	Čas v UTC měřítku.
IM_SIGN_IN_AVG	celé číslo	{1,-1}	Koeficient znaménka v průměru.
IM_ABSOLUTE_MEASUREMENT_FK	celé číslo	-	Cizí klíč, odkaz na absolutní měření.
IM_PROBE_POSITION_FK	text	délka $\in (0, 15)$	Cizí klíč, pozice sondy.

Entita: T\_TEMPERATURE\_MEASUREMENT

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
TM_TEMPERATURE_MEASUREMENT_PK	celé číslo	-	Automatický primární klíč.
TM_TEMPERATURE_CELSIUS	float(6)	{6000, -273}	Tepnota ve [°C].
TM_TIME.UTC	čas	-	Čas v UTC.
TM_ABSOLUTE_MEASUREMENT_FK	celé číslo	-	Cizí klíč, absolutního měření.

Entita: T\_F\_CORRECTION\_MEASUREMENT

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
CM_F_CORRECTION_MEASUREMENT_PK	celé číslo	-	Automatický primární klíč.
CM_DATE.UTC	datum	-	Datum provádění měření korekce.
CM_TIME.UTC	čas	-	Čas v měřítku UTC.
CM_F_REFERENCE_PT	celé číslo	-	Velikost modulu F [pT] na referenčním místě.
CM_F_AWAY_PT	celé číslo	-	Velikost modulu F [pT] na vzdáleném místě.
CM_F_SOURCE_REFERENCE_FK	text	délka $\in (0, 15)$	Cizí klíč zdroje F na referenčním místě.
CM_F_SOURCE_AWAY_FK	text	délka $\in (0, 15)$	Cizí klíč zdroje F na vzdáleném místě.
CM_ABSOLUTE_MEASUREMENT_FK	celé číslo	-	FK, rodičovské absolutní měření.

Entita: T\_F\_REF\_MEASUREMENT

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
TRM_F_REF_MEASUREMENT_PK	celé číslo	-	Automatický primární klíč.
TRM_F_REF_PT	celé číslo	-	Velikost modulu F [pT] na referenčním místě.
TRM_TIME.UTC	čas	-	Čas v měřítku UTC.
TRM_ABSOLUTE_MEASUREMENT_FK	celé číslo	-	FK, rodičovské absolutní měření.
TRM_F_SOURCE_FK	text	délka $\in (0, 15)$	FK, použitý zdroj F.

## A.2 Datový model pro výpočet bází

Entita: T\_ORIENTATION

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
OR_ORIENTATION_PK	text	délka $\in (0, 15)$	PK, označení orientace (např. "HDZF").
OR_NOTE	text	$\in (0, 300)$	Doplňující poznámka.

Entita: T\_VARIOMETER

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
VM_VARIOMETER_PK	text	délka $\in (0, 15)$	PK, identifikátor magnetometru (např. "GDAS").
VM_NOTE	text	délka $\in (0, 300)$	Doplňující poznámka.
VM_REMOTE_ADDRESS	text	délka $\in (0, 150)$	Vzdálená adresa.
VM_ORIENTATION_FK	text	délka $\in (0, 15)$	FK, orientace přístroje.
VM_DEFAULT_PLACE_FK	text	délka $\in (0, 15)$	FK, observatoř, ke které je defaultně bázován.

Entita: T\_VARIATION\_VECTOR

Atribut	Logický Typ	Rozsah	Popisek
VV_DATE.UTC	datum	-	Datum v UTC. Část primárního klíče.
VV_TIME.UTC	čas	-	Čas v měřítku UTC. Část primárního klíče.
VV_VARIOMETER_FK	text	délka $\in (0, 15)$	Cizí klíč na T_VARIOMETER. Část primárního klíče.
VV_C0	celé číslo	-	Variace nulté složky.
VV_C1	celé číslo	-	Variace první složky.
VV_C2	celé číslo	-	Variace druhé složky.
VV_C3	celé číslo	-	Variace třetí složky.



# Příloha B

## Popis reprezentací některých zdrojů

### B.1 XSD schéma xml reprezentace zdroje protocol

```
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" attributeFormDefault="unqualified"
  elementFormDefault="qualified">
  <xs:simpleType name="f_units">
    <xs:restriction base="xs:string">
      <xs:enumeration value="nt" />
      <xs:enumeration value="pt" />
    </xs:restriction>
  </xs:simpleType>
  <xs:simpleType name="temp_units">
    <xs:restriction base="xs:string">
      <xs:enumeration value="c" />
      <xs:enumeration value="f" />
    </xs:restriction>
  </xs:simpleType>
  <xs:element name="protocol">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element type="xs:string" name="instrument" />
        <xs:element type="xs:string" name="note" />
        <xs:element name="meta_info">
          <xs:complexType>
            <xs:attribute type="f_units" name="f_unit" />
            <xs:attribute type="temp_units" name="temp_unit" />
          </xs:complexType>
        </xs:element>
        <xs:element name="place">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element type="xs:string" name="note" />
            </xs:sequence>
            <xs:attribute type="xs:string" name="id" />
          </xs:complexType>
        </xs:element>
        <xs:element name="employee">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element type="xs:string" name="first_name" />
              <xs:element type="xs:string" name="surname" />
            </xs:sequence>
            <xs:attribute type="xs:string" name="id" />
          </xs:complexType>
        </xs:element>
        <xs:element name="absolute_measurement" maxOccurs="unbounded" minOccurs="1">
          <xs:complexType>
            <xs:all>
              <xs:element type="xs:string" name="note" />
              <xs:element name="temperature_measurements">
                <xs:complexType>
                  <xs:sequence>
                    <xs:element name="temperature_measurement" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0">
                      <xs:complexType>
                        <xs:simpleContent>
                          <xs:extension base="xs:string">
                            <xs:attribute type="xs:float" name="temperature" use="required" />
                            <xs:attribute type="xs:time" name="time_utc" use="required" />
                          </xs:extension>
                        </xs:simpleContent>
                      </xs:complexType>
                    </xs:element>
                  </xs:sequence>
                </xs:complexType>
              </xs:element>
            </xs:all>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
        <xs:element name="mire_measurements" minOccurs="0" maxOccurs="1">
```

```

<xs:complexType>
  <xs:sequence>
    <xs:element name="mire" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0">
      <xs:complexType>
        <xs:sequence>
          <xs:element name="mire_measurement" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0">
            <xs:complexType>
              <xs:simpleContent>
                <xs:extension base="xs:string">
                  <xs:attribute type="xs:short" name="deg" use="optional" />
                  <xs:attribute type="xs:short" name="min" use="optional" />
                  <xs:attribute type="xs:short" name="sec" use="optional" />
                </xs:extension>
              </xs:simpleContent>
            </xs:complexType>
          </xs:element>
        </xs:sequence>
        <xs:attribute type="xs:string" name="mire_id" use="optional" />
        <xs:attribute type="xs:short" name="deg" use="optional" />
        <xs:attribute type="xs:short" name="min" use="optional" />
        <xs:attribute type="xs:short" name="sec" use="optional" />
      </xs:complexType>
    </xs:element>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="inclination_measurements" minOccurs="1" maxOccurs="1">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element name="inclination_offset" minOccurs="1" maxOccurs="1">
        <xs:complexType>
          <xs:attribute type="xs:short" name="deg" use="optional" />
          <xs:attribute type="xs:short" name="min" use="optional" />
          <xs:attribute type="xs:short" name="sec" use="optional" />
        </xs:complexType>
      </xs:element>
      <xs:element name="inclination_measurement" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
        <xs:complexType>
          <xs:attribute type="xs:time" name="time_utc" use="optional" />
          <xs:attribute type="xs:short" name="deg" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:short" name="min" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:short" name="sec" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:int" name="f_away" />
          <xs:attribute type="xs:byte" name="sign_in_avg" />
          <xs:attribute type="xs:string" name="probe_orientation_id" use="optional" />
        </xs:complexType>
      </xs:element>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="declination_measurements" minOccurs="0" maxOccurs="1">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element name="declination_offset">
        <xs:complexType>
          <xs:attribute type="xs:short" name="deg" use="optional" />
          <xs:attribute type="xs:short" name="min" use="optional" />
          <xs:attribute type="xs:short" name="sec" use="optional" />
        </xs:complexType>
      </xs:element>
      <xs:element name="declination_measurement" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
        <xs:complexType>
          <xs:attribute type="xs:time" name="time_utc" use="optional" />
          <xs:attribute type="xs:short" name="deg" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:short" name="min" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:short" name="sec" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:int" name="f_away" />
          <xs:attribute type="xs:byte" name="sign_in_avg" />
          <xs:attribute type="xs:string" name="probe_orientation_id" use="optional" />
        </xs:complexType>
      </xs:element>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="f_correction_measurements" minOccurs="0" maxOccurs="1">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element name="f_correction_measurement" maxOccurs="unbounded" minOccurs="1">
        <xs:complexType>
          <xs:attribute type="xs:date" name="date_utc" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:time" name="time_utc" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:int" name="f_away" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:int" name="f_ref" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:string" name="_f_source_away_id" use="required" />
          <xs:attribute type="xs:string" name="_f_source_ref_id" use="required" />
        </xs:complexType>
      </xs:element>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute type="xs:string" name="f_place_away_id" use="required" />
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="f_ref_measurements" minOccurs="0" maxOccurs="1">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>

```

```

        <xs:element name="f_ref_measurement" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
          <xs:complexType>
            <xs:attribute type="xs:time" name="time_utc" use="required" />
            <xs:attribute type="xs:int" name="f_ref" use="required" />
            <xs:attribute type="xs:string" name="_f_source_ref_id" use="required" />
          </xs:complexType>
        </xs:element>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
</xs:all>
  <xs:attribute type="xs:time" name="start_time_utc" use="optional" />
  <xs:attribute type="xs:date" name="date_utc" use="optional" />
</xs:complexType>
</xs:element>
</xs:sequence>
<xs:attribute type="xs:date" name="date_utc" use="required" />
<xs:attribute type="xs:boolean" name="is_used" use="required" />
<xs:attribute type="xs:int" name="id" use="optional" />
</xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>

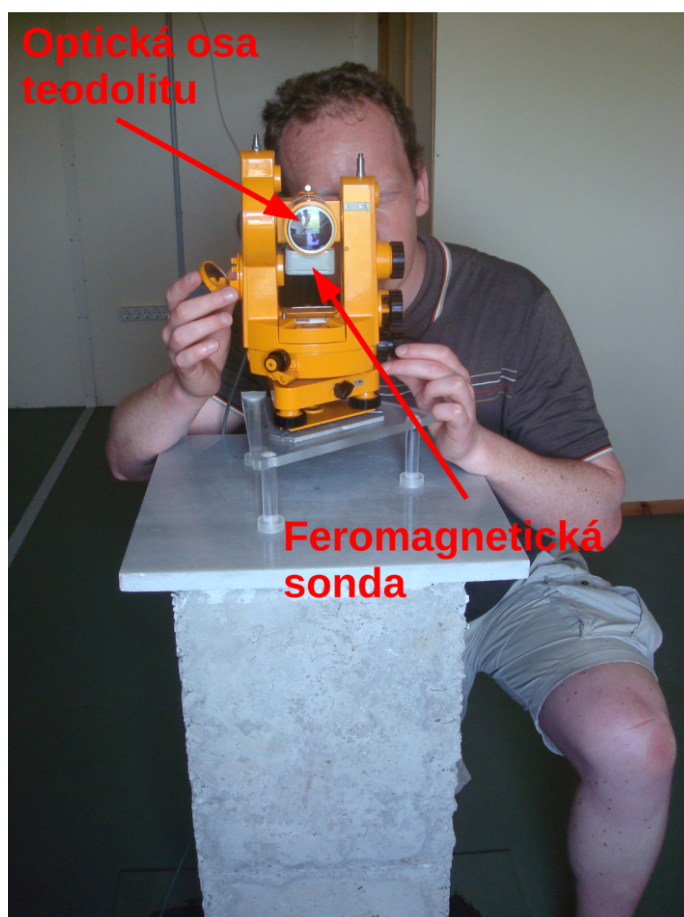
```

# Příloha C

## Fotogalerie

Následující fotogalerie slouží ke konkretizaci poměrně abstraktních termínů, které padaly především v kapitole 2 a 3.

Fotografie byly poskytnuty zaměstnanci Geofyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, veřejné výzkumné instituce. <http://www.ig.cas.cz/>.



Obrázek C.1: Absolutní měření - DI-Flux.

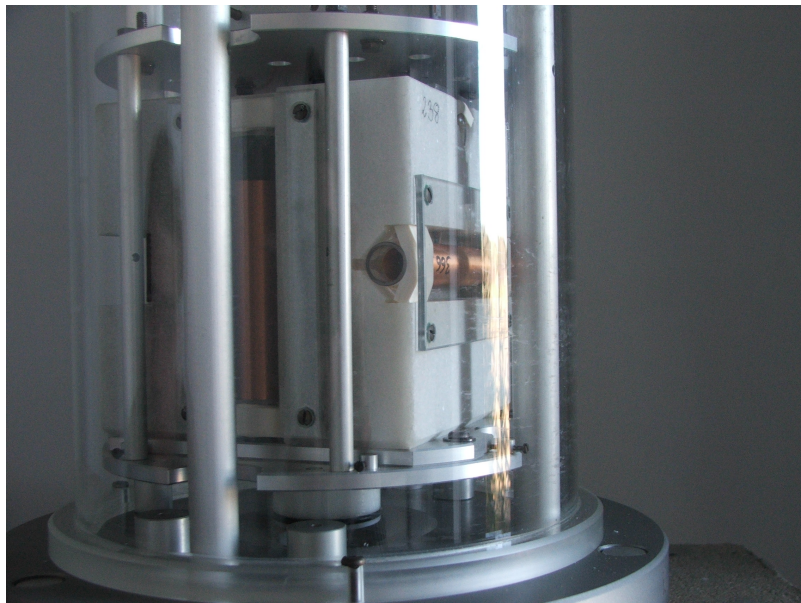


Obrázek C.2: Zkušený zaměstnanec demonstruje absolutní měření v San Fernando.



Obrázek C.3: Zaměřování optické osy DI-Flux na značku se známým azimutem.





Obrázek C.4: Třiosé fluxgate čidlo variometru.





a) Kontrola kvality dat z analogových přístrojů.



b) Blyská se na lepší časy. Ing. Vlk vyvíjí nové čidlo.

Obrázek C.5: Demonstrace některých jiných pracovních činností.

# Příloha D

## Obsah CD

Příložené CD obsahuje zdrojové kódy Java, text diplomové práce ve formátu PDF a zdrojové kódy celého textu pro systém L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. Dále jsou na CD výsledky některých experimentů. V následující tabulce je popsána struktura CD.

Adresář	Popis
MagneticService	Složka projektu Netbeans 7.4 obsahuje: zdrojové kódy, potřebné knihovny.
Distribution	Složka obsahuje: spustitelný soubor, embedded databázi naplněnou daty, potřebné knihovny.
Experiments	Složka obsahuje: XML reprezentace některých zdrojů, shell dávky pro testování funkcionality.
Latex	Složka obsahuje: samostatné obrázky z diplomové práce, L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X zdrojové kódy textu diplomové práce.
Dp_2014_kubasta_petr.pdf	Text diplomové práce.

Tabulka D.1: Obsah příloženého CD.